



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

IMPLANTACIÓN DE UNA CÉLULA ROBOTIZADA EN UN  
PROCESO DE ADHESIVADO

Jaime Díaz Munilla

Lucas Álvarez Vega

Pamplona, 13/02/2014





## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.2. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	9
<b>2. MOTIVOS DEL PROYECTO</b>	
2.1. DESCRIPCIÓN PROCESO ANTIGUO	10
2.1.1. MEJORAS NUEVO PROCESO	11
2.2. MEJORAS	
2.2.1. EFICIENCIA Y COMPETITIVIDAD	12
2.2.2. CALIDAD	14
<b>3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN PROPUESTO</b>	
3.1. POSIBILIDADES OFERTADAS	16
3.2. PLANTEAMIENTO Y COMPONENTES	19
3.2.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD	20
3.2.2. CINTA TRANSPORTADORA	22
3.2.3. SISTEMA DE VISIÓN	24
3.2.4. ROBOT MOTOMAN	26
3.2.5. MANDO DX100	32
<b>4. DISEÑO</b>	35
4.1. FICHA TÉCNICA	36
4.2. ÚTILES	39
4.3. PISTÓN	43
4.4. GARRAS	45
4.5. RESUMEN GARRAS Y ÚTILES	49
<b>5. ENTORNO PROGRAMACIÓN Y PROGRAMAS</b>	
5.1. INSTRUCCIONES	52
5.2. PROGRAMACIÓN	56
5.3. PROGRAMAS	72
<b>6. PROCEDIMIENTOS</b>	
6.1. PROCEDIMIENTOS	
6.1.1. APROVISIONAMIENTO	78
6.1.2. PINTADO	79
6.1.3. RECOGIDA	88
6.2. SUBPROCESOS	
6.2.1. LIMPIEZA MÁQUINA	89
6.2.2. LIMPIEZA DE ÚTILES	91
6.2.3. AJUSTE DE PISTOLAS	91



<b>7. PRESUPUESTO</b>	<b>93</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	
8.1. MEJORAS ALCANZADAS EN EFICIENCIA	94
8.2. MEJORAS ALCANZADAS EN CALIDAD	100
8.3. MEJORAS ALCANZADAS EN COMPETITIVIDAD	102
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>103</b>

## TRELLEBORG AUTOMOTIVE CASCANTE SAU

Perteneciente al grupo TrelleborgVibracoustic, líder en el mercado de piezas antivibración para automóviles, Trelleborg Cascante cambio su actividad principal de vulcanizado en 2008, por necesidad del grupo, al encolado y adhesivado previo al proceso de vulcanización. Esto conllevó una reducción de plantilla importante, cercana al 50%. Las máquinas de pintado se adquirieron de otras plantas pertenecientes al grupo y que en ese momento se encargaban del adhesivado de sus propias referencias. Así Trelleborg Cascante se convirtió en proveedor interno para las plantas que movieron su maquinaria de encolado hacia Trelleborg Cascante, principalmente las de Burgos y Martorell.

Las máquinas de pintado adquiridas fueron y son: 8 Silver, 2 cabinas de pintado, 1 Ilmberger, 2 Sprimag, 1 seluri y 3 tambores. Consecuencia de este cambio de actividad también se pensó en adquirir otros procesos previos al encolado como el fosfatado o el granallado. De esta manera se habilitaron dos líneas de desengrase y fosfatado, una granalladora y tres máquinas de corte de tubo.

La poca experiencia debido al reciente cambio de actividad forzó al personal indirecto a estar en un constante estado de aprendizaje y mejora continuo para poder competir con otros proveedores de encolado. **Fruto de esta mejora continua nació la idea de la célula robotizada que permitiría crecer, el puesto de trabajo en cuestión, en términos de calidad, productividad y competitividad.**

## 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivo automatizar el proceso de carga y descarga en una maquina SILVER de encolado de piezas antivibración para automóviles. Actualmente se pintan en maquinas SILVER necesitando un operario constantemente en este puesto de trabajo.

Mediante la inclusión de una célula robotizada MOTOMAN se pretende automatizar el proceso de carga y descarga de piezas en la máquina SILVER, de manera que el operario solo tenga que colocar las piezas en una cintra transportadora. Podemos concluir que solamente será necesario 0.5 operario.

MOTOMAN funciona mediante un sistema de programación muy versátil. Los programas, para pintar cada tipo de pieza, los diseñan y los introducen en el panel de control la empresa contratada. El departamento de ingeniería recibe una breve formación acerca del funcionamiento de los programas por si en un futuro es necesario realizar alguna modificación. El operario, mediante una breve charla explicativa, solo se encarga de mantener los sistemas de seguridad de la célula activos, supervisar su correcto funcionamiento y cargar las piezas en la cinta transportadora.

Con este sistema el proceso mejora en términos de producción, calidad y el ahorro económico que supone necesitar solamente medio operario en el puesto de trabajo, siendo posible desempeñar otro tipo de tareas.

### 1.1. Breve descripción del proyecto

Trelleborg Automotive Cascante SAU, perteneciente al grupo TrelleborgVibracoustic (TBVC) y cuya actividad principal consiste en el encolado de piezas para automoción que posteriormente serán inyectadas con mezclas de caucho, se plantea la posibilidad de automatizar uno de sus procesos de encolado en maquinas SILVER. El proceso de automatización consistiría en la implantación de una célula robótica para la carga y descarga de materia prima y producto terminado respectivamente.

Para este proyecto acudimos a GMP quienes presentan la oferta final de la célula robotizada compuesta por los siguientes elementos:

- Transportador de banda EUROTRANS
- Sistema de visión COGNEX
- Robot Yaskawa MOTOMAN MH5 // DX100

La célula robotizada debe cumplir una serie de especificaciones técnicas. Las piezas a manipular deben ser cargadas y descargadas en una máquina denominada SILVER utilizada para el pintado de piezas mediante pulverización de pintura (encolado). Ejemplo de piezas a manipular (con peso no superior a 1Kg):

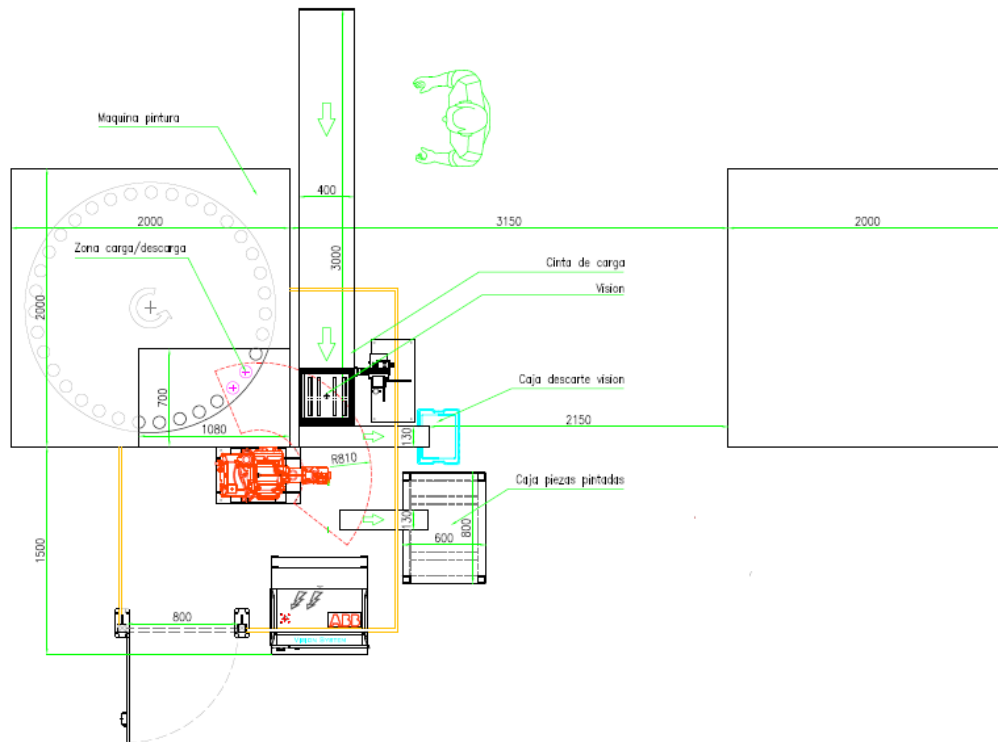


El robot debe ser capaz de colocar las piezas en una posición determinada, recoger las piezas ya terminadas y descargarlas en una localización determinada. El sistema de visión COGNEX se encarga de enviar al Robot la localización de la pieza a cargar, situada en una cinta transportadora EUROTRANS que se usará a modo de alimentador.

Resumiendo el proceso paso a paso:

- 1- El operario coloca la materia prima en la cinta transportadora. (El embalaje de la materia prima se manipula mediante un elevador y una rampa situados próximos a la cinta transportadora)
- 2- Conforme llega la materia prima al punto de carga determinado por el sistema de visión, el Robot va cargando las piezas en la máquina Silver (en los útiles correspondientes).
- 3- Las piezas se pintan en la máquina Silver.
- 4- Según llega el producto terminado (piezas pintadas) el Robot va descargando cada pieza en una rampa pequeña que finaliza en el embalaje de producto acabado situado en un punto concreto fuera de la célula.

Lay-out aproximado:



Otros aspectos importantes:

- Sistema de cogida pieza mediante pinza neumática con garras intercambiables, adaptadas a la geometría de las piezas a manipular.
- En el proyecto presentado por GMP se incluye la configuración del robot y la programación de cinco modelos de pieza.
- Se implementará un vallado perimetral con punto de acceso asociado a un interruptor de seguridad con enclavamiento electromagnético homologado de seguridad.
- Para la supervisión de los elementos de seguridad se implementará un módulo programable de la PILZ homologado en categoría 4 de seguridad según la norma **UNE EN 954**. Se integrará la seguridad del robot y la SILVER en una única cadena de seguridad.
- El armario eléctrico principal contará en cabecera con sistema diferencial e interruptor general consignable.
- La instalación además de disponer de la parada de emergencia de la consola del robot se implementará otra en la puerta de acceso y otra en el armario eléctrico.
- La instalación junto con la SILVER se analizará para cumplir las exigencias establecidas en la norma **UNE EN ISO 11161-1**.



## 1.2. Estructura de la memoria

La memoria del proyecto se divide en ocho partes claramente diferenciadas.

La primera parte es una breve introducción al proyecto y a la planta de Trelleborg Automotive Cascante SAU.

La segunda parte consta de los motivos que han llevado a la instalación de la célula y describiendo el proceso antiguo y los cambios sufridos con la integración de esta.

La tercera parte describe el sistema de producción robotizado propuesto definiendo el proyecto y los elementos que componen todo el sistema.

En la cuarta parte se introducirá el diseño del útil y las garras para una referencia ejemplo, así como la explicación de la ficha técnica del pintado de dicha referencia. También se definirán los pistones usados para la apertura y el cierre de las garras y una tabla resumen de las garras y útiles de cada referencia.

La quinta parte explica el software de programación y la estructura de los programas. También encontramos diagramas de flujo que nos ayudan a interpretar de forma muy intuitiva el sistema.

En la sexta parte se detallaran todos los procedimientos que se ejecutan en la célula tanto por parte de operarios como por parte de ajustadores u otro personal.

En la séptima parte encontramos las conclusiones y la eficiencia de la célula.

Por último, la octava parte representa el presupuesto desglosado junto con la bibliografía, todos los anexos utilizados, además de los esquemas eléctricos y neumáticos y el código de programación del autómeta.

## 2. MOTIVO DEL PROYECTO

### 2.1. Descripción proceso antiguo

Trelleborg Automotive Cascante, perteneciente al grupo TrelleborgVibracoustic (TBVC), es una planta de adhesivado de piezas de automoción destinadas a una posterior vulcanización con mezclas de caucho.

Entre las diferentes maquinas que se utilizan para realizar el proceso de adhesivado, la más común es la maquina rotativa SILVER, en donde se procederá a instalar la célula robotizada de carga y descarga.

Antes de colocar la célula robotizada para carga y descarga de piezas, era el operario el encargado de esta tarea, necesitando un operario a tiempo completo por puesto de trabajo. A continuación se describen algunas de las operaciones que debía efectuar el operario en el proceso antiguo y sufren alguna modificación con la introducción de la célula robotizada:

1. Buscar los útiles de la ref. correspondiente y colocarlos en las 24 estaciones comprobando que están limpios y listos para usarse. Cargar los útiles de piezas.



2. A partir del primer útil que damos como pieza buena, colocar en una caja gris las piezas que salgan durante un giro (24).
3. Se para la maquina se revisan las piezas y si son correctas se pasan a su embalaje definitivo y se comienza la producción.
4. **Carga y descarga: En las piezas que se cargan unitariamente:**
  - a. Siempre hay que tener un útil vacío.
  - b. Quitaremos la última pieza pintada y la echaremos a la caja de producto acabado.

- c. Colocaremos una pieza sin pintar en el útil vacío más cercano a la entrada de la zona de pintado.
  - d. Orden y control en el aprovisionamiento y en la evacuación de las piezas (no puede haber piezas sin pintar en la caja de producto acabado)
5. La cantidad de piezas por caja se programa en el autómata de máquina de acuerdo a la ficha técnica.
  6. Colocar tapa en la caja, etiqueta y colocar la caja sobre pallet. Para cada referencia una altura diferente.

### 2.1.1. Mejoras introducidas en el nuevo proceso

La operación que realiza la célula robotizada es de carga de materia prima y descarga de producto terminado. Al sustituir al operario para la realización de esta tarea por la célula robotizada se gana en términos de calidad y eficiencia que se detallarán más adelante. A continuación se señalan las operaciones que cambian respecto al proceso anterior (sin robot):

1. Buscar los útiles de la ref. correspondiente y colocarlos en las 24 estaciones comprobando que están limpios y listos para usarse. Colocar las piezas en la cinta transportadora dejando sitio entre líneas para las pinzas del robot.



2. Con la consola del robot seleccionar la referencia con la que se ha de trabajar. Con programa de carga el robot colocará 24 piezas en los 24 útiles.
3. En la zona de evacuación del robot, colocar una caja y retirar las piezas anteriores a la primera buena. Un mínimo de 24 piezas se contralaran por el operario. Si son buenas, se dará por finalizado el arranque.

- 



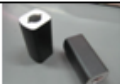






## 12

refleja posibles incidencias como paradas de emergencia, siendo 4s el mejor tiempo de carga y descarga, por lo tanto se contemplan 0.5s por ineficiencia. En total identificamos 67 referencias.

Foto	Referencia	cantidad Anual	Tiempo/100 (min)	Tiempo/pz (seg)	Horas Año con operario	Horas Año con robot
	7MG3374211A0	1174307	2,75	1,65	538	1468
	7B3G205126A0	980942	4	2,4	654	1226
	7B3G20512AA0	915220,5	8,11	4,866	1237	1144
	7MG3101111A0	673847	2,5	1,5	281	842
	7MG2023117A0	623401,5	7,73	4,638	803,148933	779,2519
	7B31013950A0	595720,5	3,97	2,382	394,168398	744,6506
	7B3G206114A0	554804	6,25	3,75	578	694
	7B31035552A0	517488	2,788	1,6728	240	647
	7MG2023109A0	415000	8	4,8	553	519
	7B31034450A0	399702	5,3	3,18	353	500

De las 67 referencias iniciales destacamos aquellas en las que su tiempo de ciclo sin célula sea mayor que 2.25s (mitad de 4.5) contemplando la mitad de operario que ahorramos como límite para introducir la referencia en la célula. En la siguiente tabla representamos algunas de las referencias elegidas representando en la última columna el porcentaje de ocupación anual del puesto de trabajo que correspondería a cada referencia y tomando como tiempo de maquina/año 6069 horas.



Foto	Referencia	cantidad Anual	Tiempo/100 (min)	Tiempo/pz (seg)	Horas Año con operario	Horas Año con robot 4.5seg/piz	
	7B3G20512AA	915.221	8,110	4,866	1.237	1.144	18,85%
	7MG2023117A	623.402	7,730	4,638	803	788	12,98%
	7B31013950A0	595.721	3,970	2,382	394	745	12,27%
	7M01023552A0	341.237	7,000	4,200	398	427	7,03%
	7M01023652A0	252.129	7,000	4,200	294	315	5,19%
	7B3F607210A0	189.945	6,660	3,996	154	237	3,91%
	7M01023452A0	95.115	7,000	4,200	111	119	1,96%
	7MG2184103A	6.807	7,000	4,200	8	9	0,14%
	F40030-321	1.200.000	8,333	5	1667	1667	27,46%

Observamos que la última referencia (F40030-321) tiene un alto porcentaje de ocupación. Cabe señalar que se trata de una referencia de un cliente nuevo de quien en un futuro Trelleborg Cascante recibirá más trabajo similar a la referencia en cuestión, lo que nos da otro motivo más para la implantación de la célula.

En la tabla ampliada se puede observar que se llega con pocas referencias a la ocupación total del puesto de trabajo. **Esto nos lleva a pensar en la posible de implantación de una segunda célula en un futuro cercano, con la que ocuparemos la mitad de operario sobrante (operario especializado) del puesto de trabajo de la primera célula y que en este caso se tendrá que ocupar de otras tareas independientes a la célula robotizada.**

### 2.2.2 Mejora en calidad

Uno de los incidentes de calidad más grave es introducir una pieza no pintada en el embalaje de producto terminado. El operario podía causar este incidente por despiste, ya sea por parada de máquina, por cambio de referencia, etc...Con la introducción de la célula robotizada el robot no descargará en ningún momento una pieza sin pintar en el embalaje de producto terminado ya que en el programa de carga/descarga el robot sigue unas instrucciones específicas por las cuales si la pieza no ha recorrido la zona de pintado con la

SILVER en marcha esa pieza no será descargada. De esta manera reducimos el porcentaje de este incidente a 0, asegurando a cliente que no encontrará ninguna pieza sin pintar en su proceso de vulcanización

La vulcanización de una referencia que previamente no haya sido encolada puede generar graves problemas. El adhesivo asegura la correcta sujeción del compuesto de caucho a la pieza por lo que la ausencia de este puede ocasionar el despegue del compuesto, causando averías en el vehículo de turno y que en determinados casos (piezas de seguridad) pueden ser de grave importancia. La aparición de este tipo de incidentes es muy perjudicial para TBCV ya que, aparte del importe económico que puede suponer la resolución de este incidente, el cliente perderá la confianza depositada en el grupo. A continuación un ejemplo de pieza sin pintar posteriormente vulcanizada donde se puede apreciar el despegue de la goma.



### 3. SISTEMA DE PRODUCCION PROPUESTO

#### 3.1. Posibilidades ofertadas

Antes de enviar el “proposal” al jefe de operaciones de TBVC se realizaron peticiones de ofertas a diferentes proveedores de robótica. A continuación un breve resumen de cada una de las ofertas:

##### ACATEC

La empresa Acatec oferto un robot FANUC modelo LRMate200iC. La oferta contemplaba la unidad mecánica, un armario eléctrico y una consola de programación. Como características importantes podemos señalar su carga útil de 5Kg, repetibilidad de +/- 0.02 mm, área de trabajo 704 mm, protección IP67.

Esta oferta ascendía a unos 30.000 € sin contar la instalación y la programación de la célula.



##### ADIGE Evolut

Se ofertaron dos opciones claramente diferenciadas tanto en el presupuesto como en la complejidad de la célula.

- Opc1: Robot ABB irb 140 con una rampa de descarga y su correspondiente cuadro eléctrico y protecciones.
- Opc2: Robot ABB irb 1600-6 1.2 con dos rampas, sistema de visión con PC y telecámara, una cinta motorizada, su correspondiente cuadro eléctrico y protecciones.

La primera opción ascendía a 35.000 € y la segunda a 60.000 €, ambas sin contar el transporte y manutención de los técnicos durante la instalación.



### LANTEC 2000 (vibrador MDV)

La principal característica de esta oferta consiste en el suministro de piezas para la unidad robótica mediante un vibrador que las colocará en fila y verticales. Este sistema no estaría contemplado en la oferta y se encargaría TBVC Cascante de suministrarlo por lo que se pidió oferta a MDV para el vibrador ascendiendo a un total de 10.500 €.

LANTEC ofreció diferentes opciones en cuanto a la elección de la unidad robótica. En total eran 9 opciones entre las que cabe destacar el manipulador simple como opción más barata (26.500 €) y un robot FANUC atex paint mate como opción más cara (63.700 €).

### OLPE

OLPE oferto una célula robotizada mediante un Robot IRB 140T cuya principal característica es su alta velocidad y aceleración gracias al control de movimiento ABB. En la oferta también estaría incluido el sistema de seguridad y el cuadro eléctrico.

La oferta, parecida en este sentido a la de LANTEC, no incluye el sistema de suministro de piezas que en este caso sería también mediante un vibrador suministrado por MDV.

Ofertaron la instalación de una célula y también propusieron la instalación de tres células en la que el precio/célula mejoraba ligeramente.

Precio para una célula: 39.900 €

Precio para tres células: 111.900 €



## GMP

Esta oferta fue finalmente **la elegida** por motivos, sobretodo, de calidad y cercanía de la empresa contratada. Un Robot Motoman se encargará de cargar y descargar las piezas mediante un sistema de visión artificial y una cinta transportadora.

El precio de la propuesta elegida asciende a **52.927 €**

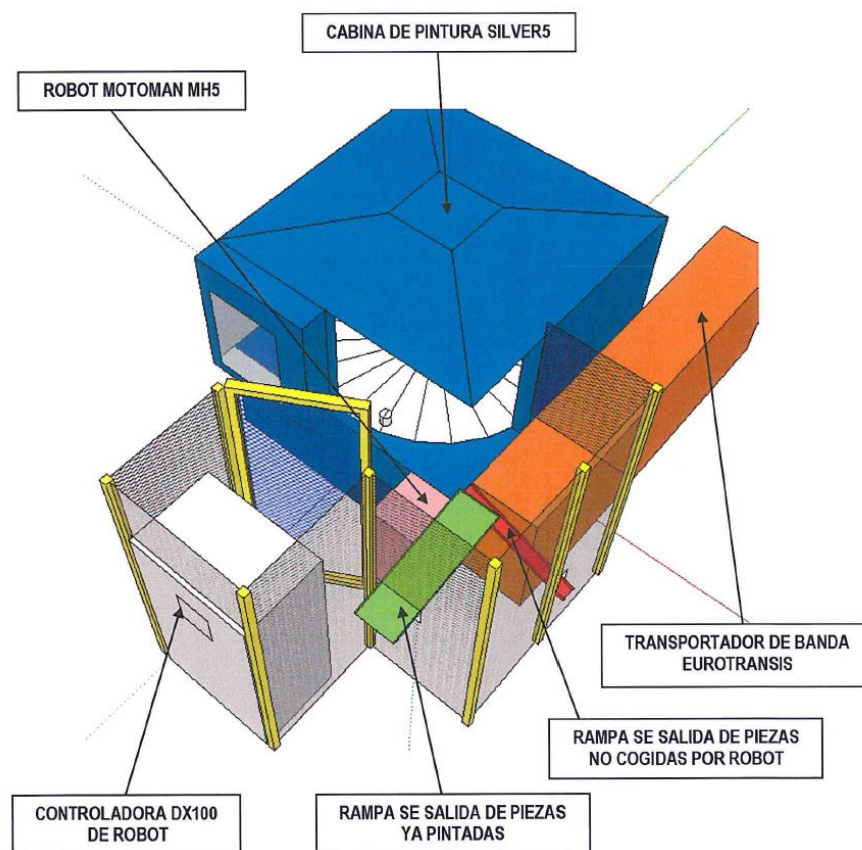
A continuación una fotografía del autómatas elegido para el proceso de carga y descarga: MOTOMAN MH5.



### 3.2. Planteamiento y componentes

La función única de la máquina de trabajo denominada **Célula Robotizada MOTOMAN MH5-SILVER** es la imprimación de piezas metálicas mediante pintura pulverizada. El robot, cinta transportadora y sistema de visión, que son los elementos nuevos introducidos, se encargan de cargar y descargar las piezas en la máquina SILVER suplantando la mitad del trabajo del operario actual.

Se realizan mediciones del puesto de trabajo para implementar correctamente la célula robótica respetando en la medida de lo posible la invasión de distintas zonas como el pasillo de la planta o la zona del puesto de trabajo adyacente.



Los principales componentes, como ya he señalado anteriormente, son la cinta transportadora, el sistema de visión cognex, el propio robot MOTOMAN y su mando de control DX100.

### 3.2.1. Sistemas de seguridad

El acceso al movimiento del robot se ha protegido mediante una protección perimetral con un acceso asociado a un interruptor de seguridad con enclavamiento electromagnético que impide el acceso cuando el robot está en ciclo de trabajo. Dicho acceso se puede abrir desde el interior mediante el accionamiento de un pulsador implementado en el propio interruptor que desbloquea mecánicamente la bobina. Este interruptor a falta de tensión está bloqueado.

La instalación posee 3 paradas de emergencia en la consola móvil del robot, en la caja de mandos y al lado de la cinta transportadora.





La instalación posee sistema diferencial en cabecera. El armario tiene interruptor general consignable mediante candado.

Se ha implementado también un modulo de seguridad programable de la marca PILZ que supervisa todas las maniobras de seguridad y los elementos de seguridad distribuidos. El equipo está conectado con el modulo de seguridad de la maquina SILVER de tal forma que para poder empezar el ciclo de trabajo la seguridad de la SILVER tienen que estar OK y ante cualquier activación de un elemento de seguridad toda la instalación se para.



### **3.2.2. Cinta transportadora EUROTRANS**

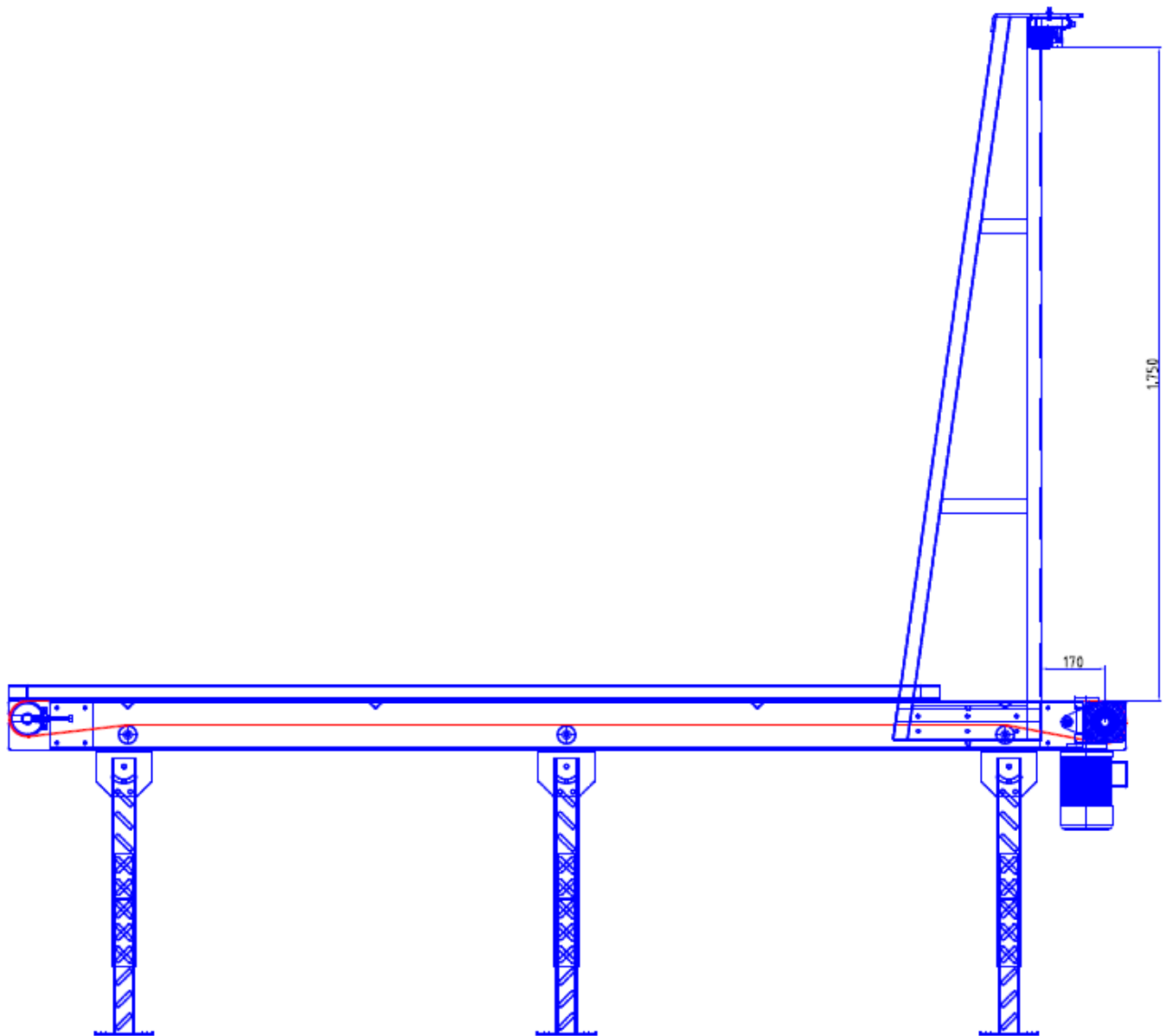
Una banda transportadora consiste en un elemento que permite mover un producto de un lugar a otro. En este caso lo que conseguimos con la cinta transportadora, una vez llena de piezas, es que el operario disponga de tiempo libre para realizar otro tipo de tareas, ya que la cinta se encarga de transportar las piezas hasta la zona en la que MOTOMAN las recoge para cargarlas en máquina. Las piezas las coloca el operario ordenadas en la cinta, utilizándose la misma como acumulador o pulmón.

La cinta desaloja las posibles piezas NOK o las que el robot no ha podido coger sobre una rampa que termina en una caja/contenedor.

Características principales:

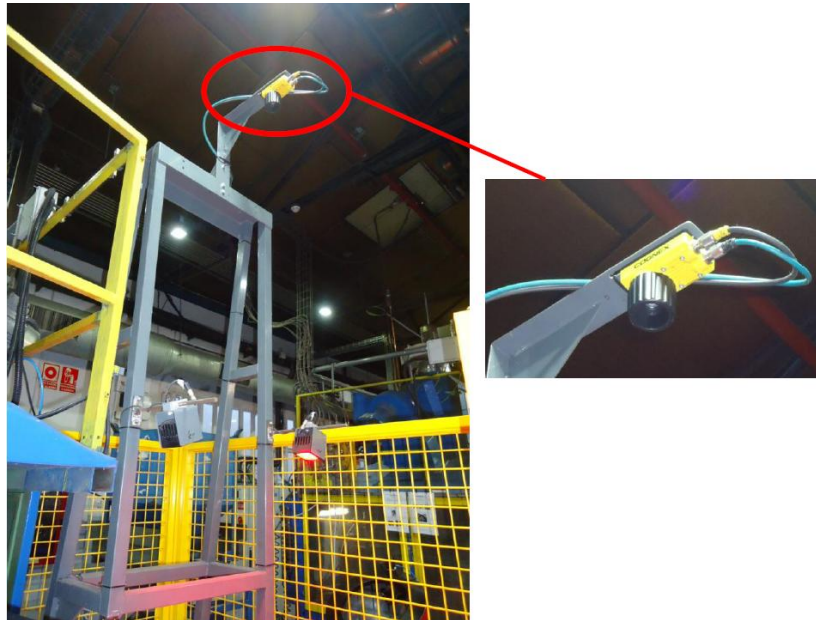
- Longitud de transportador: 3000 mm
- Ancho útil de banda: 400 mm
- Recubrimiento: Liso cobertura superior de PVC blanca
- Diámetro del tambor motriz: 112 mm
- Diámetro del tambor reenvío: 93 mm
- Velocidad de transporte: 10 m/min
- Potencia grupo motriz: 0.37 kW
- Altura de trabajo: 1000 +- 100 Mm
- Posición de trabajo: Horizontal
- Chasis construido en Acero inoxidable de 3 mm de espesor
- Con barandillas laterales de altura fija



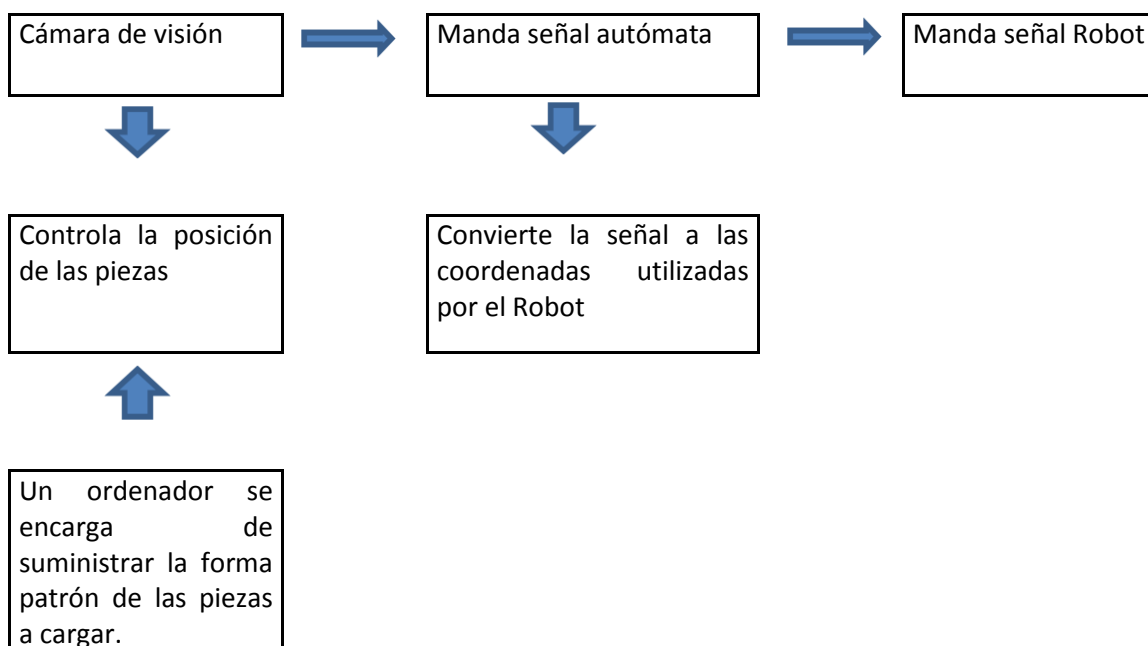


### 3.2.3. Sistema de visión COGNEX

En el transportador de banda hay instalado un sistema de visión artificial COGNEX. Este sistema de visión se encarga de detectar las piezas en la cinta en función de su forma y determinar su posición para ser recogidas por el robot.

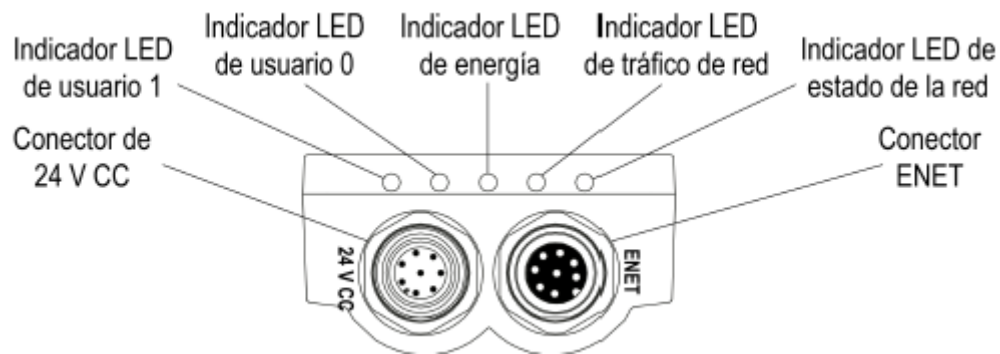


El robot controla el programa cargado en la cámara, que tiene que coincidir con la pieza de fabricación. En el caso de que las piezas no sean reconocibles por el sistema de visión, la cinta se pondrá en movimiento, paso a paso, hasta que en el campo de visión de la cámara existan una o más piezas a ser utilizadas.

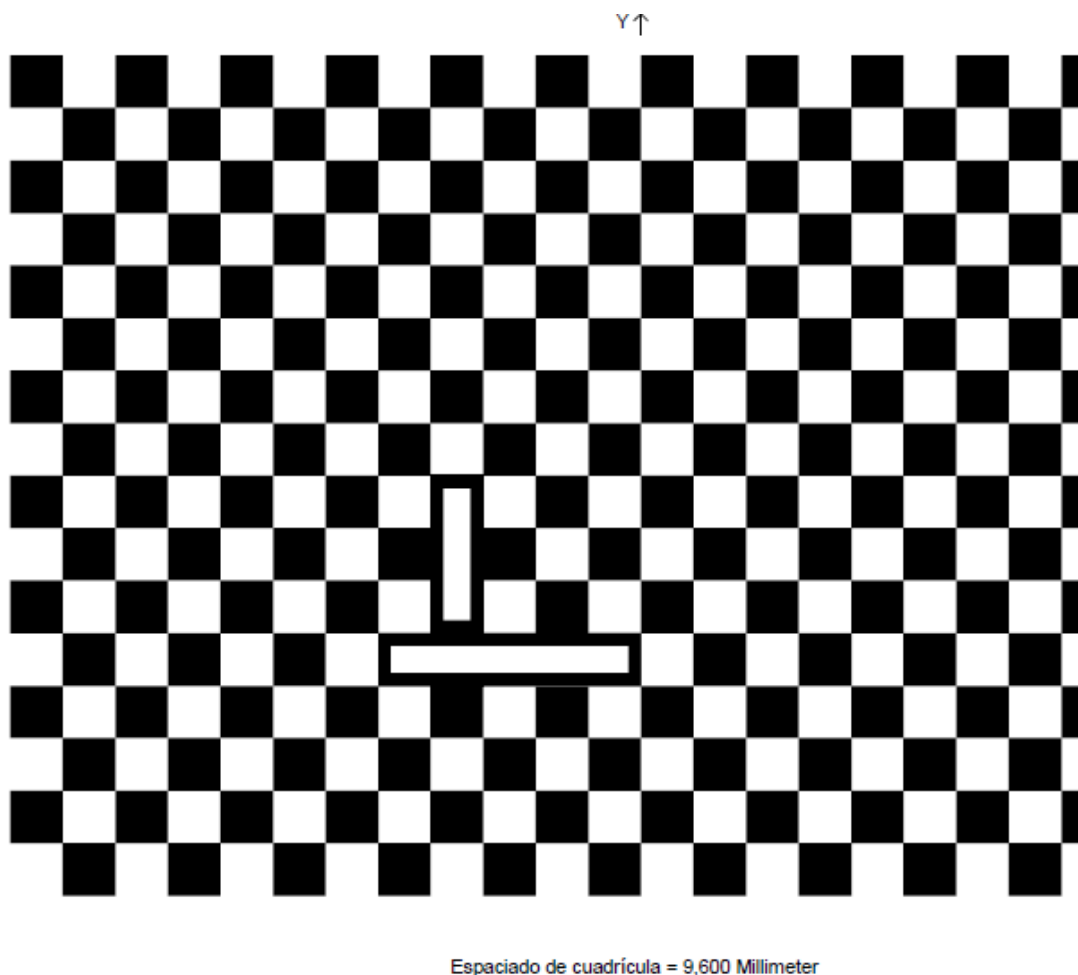




El sistema de vision COGNEX In-sight se encarga de la adquisicion de imágenes, del procesamiento de la vision, del almacenamiento de tareas, de la conectividad serie y Ethernet y de la E/S discreta.



Para calibrar el sistema de visión de acuerdo a nuevas referencias se utiliza la siguiente hoja de calibración:



### 3.2.4. Robot Motoman MH5

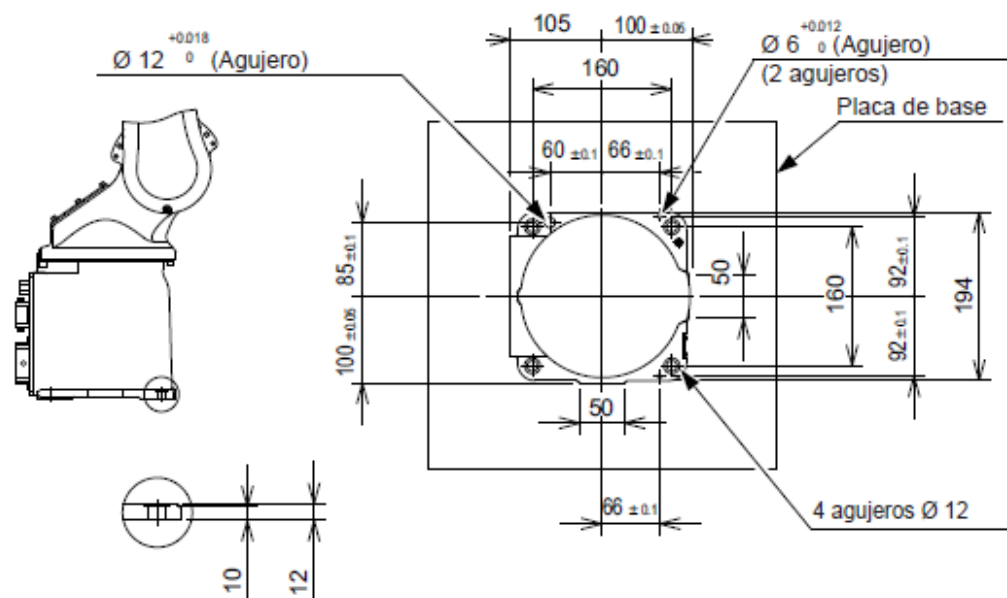
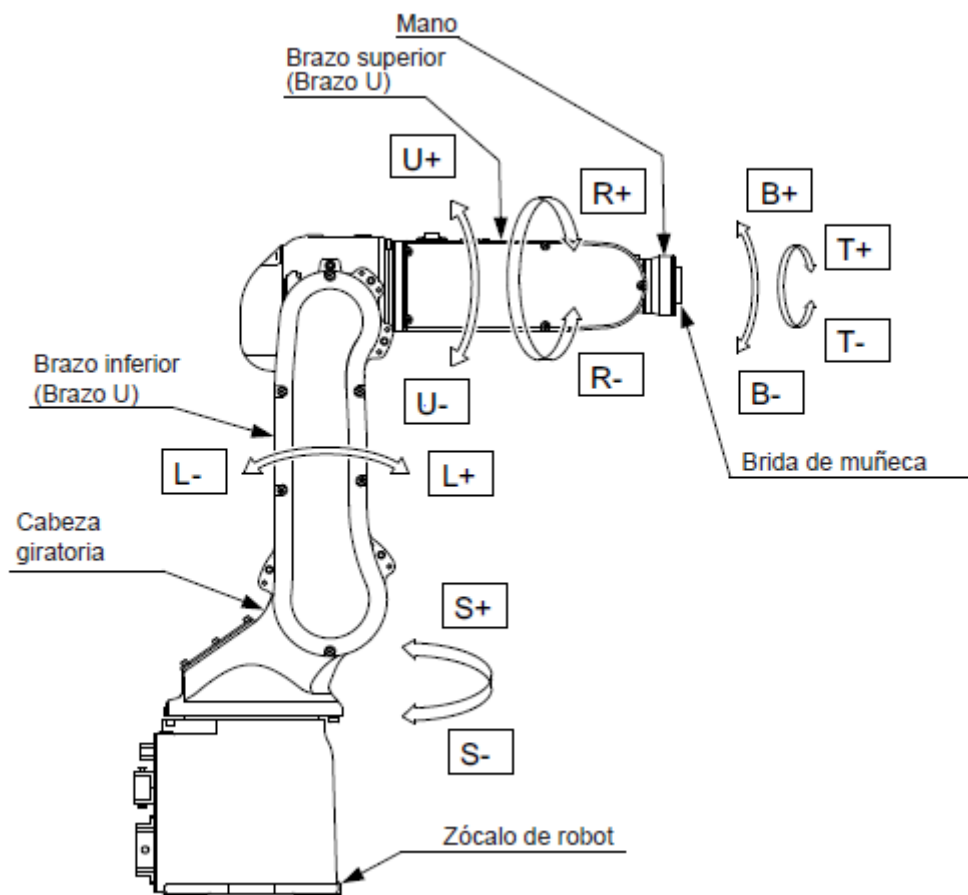
El robot MH5 de Motoman es un robot de 6 ejes con cinemática de articulación, compacto y de alta velocidad que ofrece un rendimiento superior en distintas aplicaciones donde se requiere versatilidad.

Su diseño compacto permite un máximo rendimiento utilizando el mínimo espacio y el cableado y las mangueras guidas por el interior maximizan la fiabilidad del sistema.

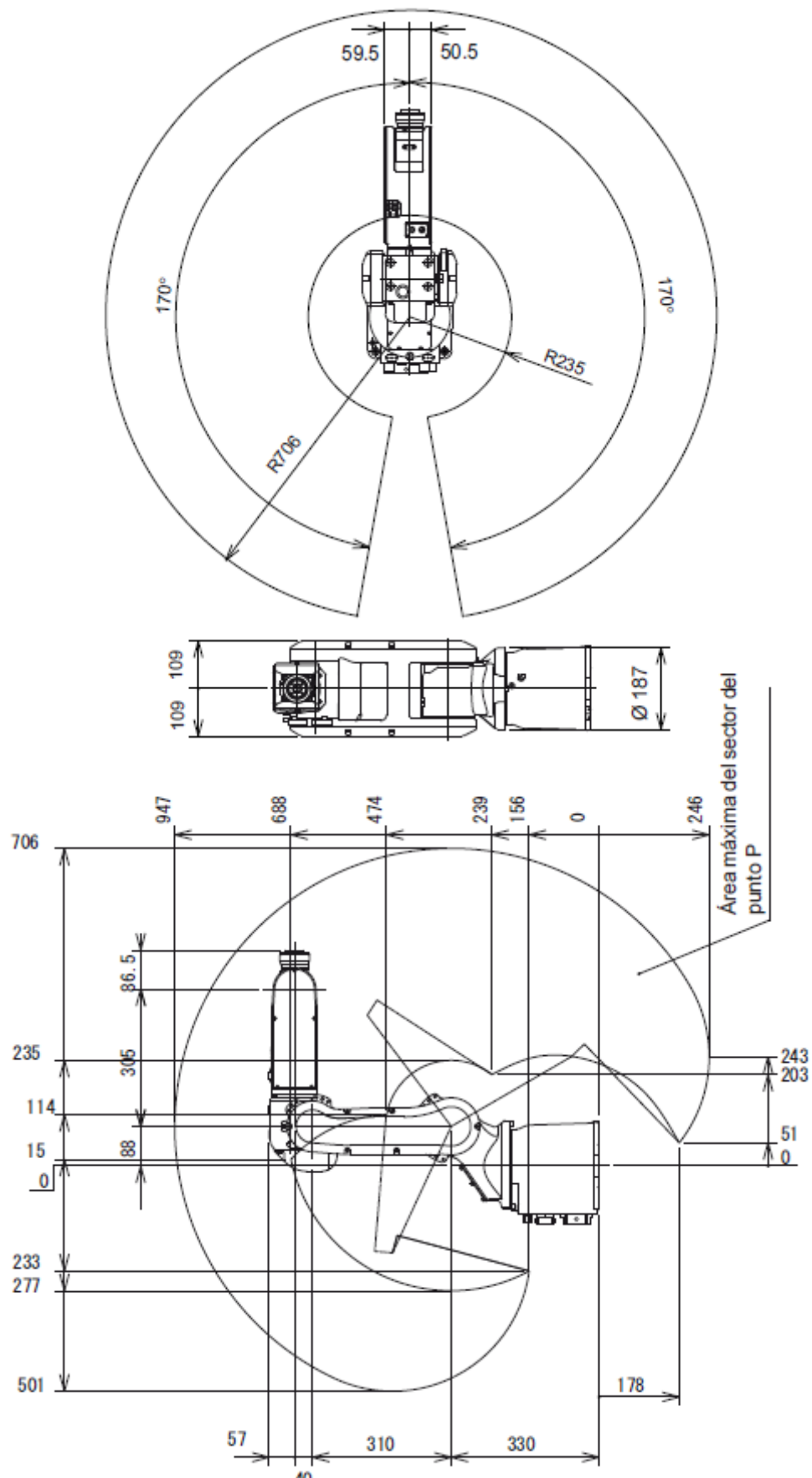
#### Datos técnicos

Posición	Modelo	MOTOMAN-MH5
Aplicación		Transporte
Estructura		Vertical
Grado de libertad		6
Capacidad de carga		5 kg
Exactitud de repetición <sup>2)</sup>		±0,02 mm
Área de trabajo	Eje S (Giro)	±170°
	Eje L (Brazo inferior)	+150°, -65°
	Eje U (Brazo superior)	+255°, -136°
	Eje R (Rodillo manual)	±190°
	Eje B (Giro de muñeca/ pando)	±125°
	Eje T (giro manual)	±360°
Velocidad máxima	Eje S	6,56 rad/s, 376 °/s
	Eje L	6,11 rad/s, 350 °/s
	Eje U	6,98 rad/s, 400 °/s
	Eje R	7,85 rad/s, 450 °/s
	Eje B	7,85 rad/s, 450 °/s
	Eje T	12,57 rad/s, 720 °/s
Momento fiable <sup>3)</sup>	Eje R	12 Nm
	Eje B	12 Nm
	Eje T	7 Nm
Momento de inercia fiable (GD <sup>2</sup> 4)	Eje R	0,30 kgm <sup>2</sup>
	Eje B	0,30 kgm <sup>2</sup>
	Eje T	0,10 kgm <sup>2</sup>
Peso aproximado		27 kg
Condiciones ambientales	Temperatura	0 a 45°C
	Humedad del aire	del 20 al 80 % de humedad relativa del aire (sin formación de agua condensada)
	Sacudida	máx. 4,9 m/sek <sup>2</sup> (0,5 G)
	Otros	Deberá estar protegida de los líquidos y gases corrosivos o gases explosivos Deberá estar protegida del polvo, el hollín o el agua Sin ruidos eléctricos excesivos (plasma)
Absorción de potencia		1 kVA

## Ejes de trabajo, piezas y placa base



# Medidas y área de trabajo máxima del punto P (unidad mm)



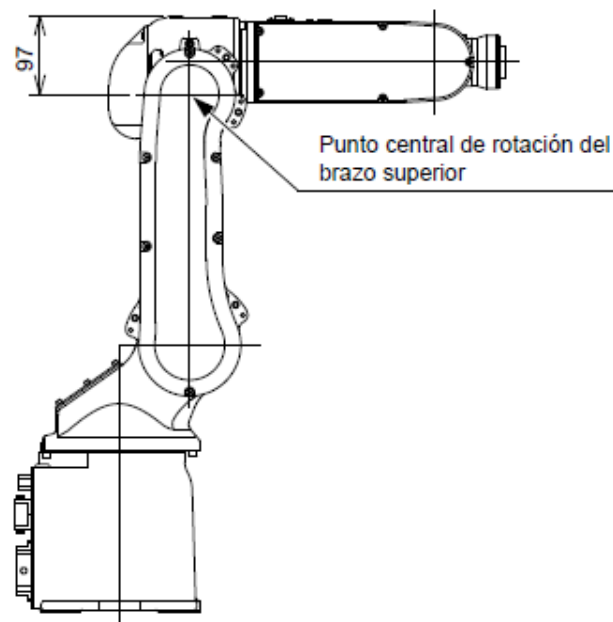
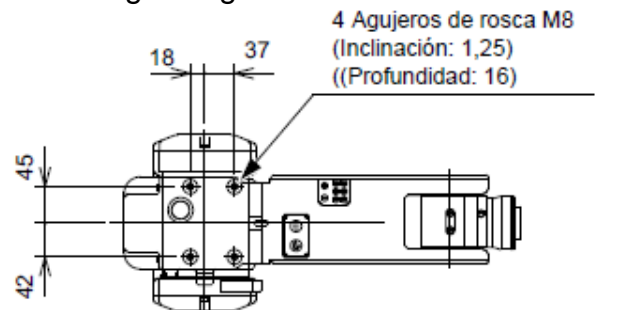


Para que las marcas de posición cero estén visibles permanentemente, la herramienta solo se unirá mediante una brida con el diámetro interior. La profundidad de atornilladura interior y exterior solo podrá ser de 5mm como máximo.

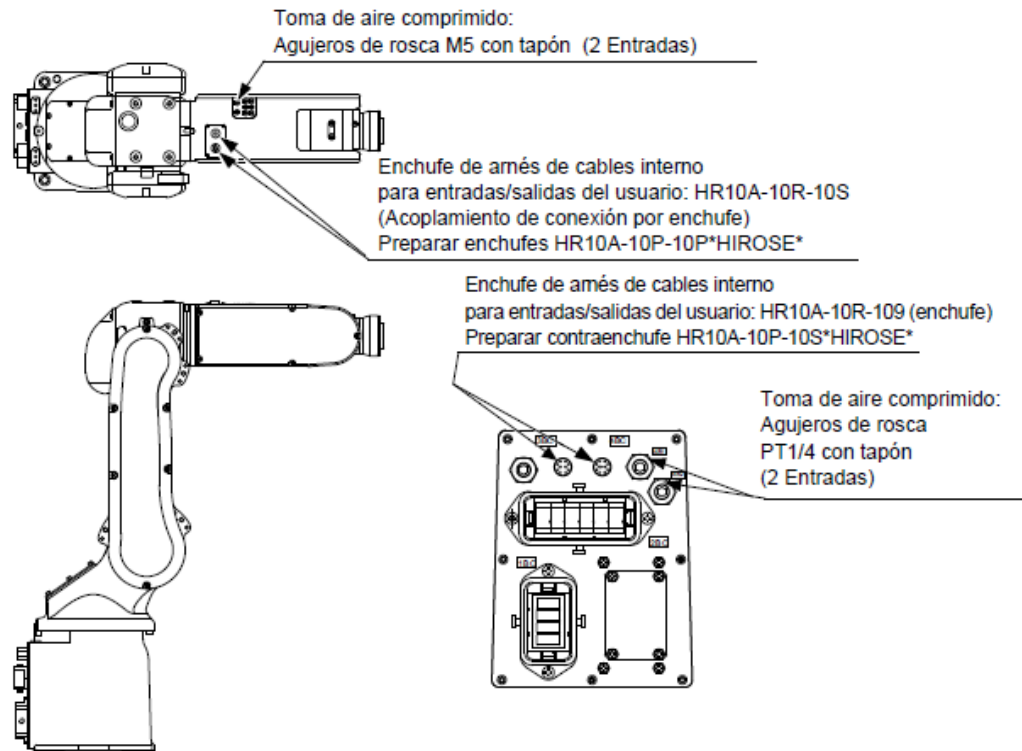
### Accesorios

Los agujeros de montaje y los de las roscas del aparato periférico se hallan en la unidad de la muñequera a fin de facilitar las aplicaciones del sistema. Para ajustar o instalar aparatos periféricos, es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga fiable máxima del eje U es de 6Kg
- Si la carga montada en la articulación pesa, por ejemplo, 5kg, el brazo superior debe cargar 1Kg como máximo.



En el robot se incluye un arnés de cables de entrada/salida incorporado y dos conductores de aire comprimido para accionar el equipo adicional montado en el brazo superior instalado en el robot.



### 3.2.5. Mando DX100

El robot se suministra con sistema de control denominado DX100 con las siguientes características:

- Control multi robot patentado
- Conexiones en la parte trasera de la unidad de control para optimizar el espacio interior
- Procesamiento más rápido y alto rendimiento
- Reducción del tiempo de aprendizaje
- Proporciona hasta un 25% de ahorro de energía
- Consola de programación con multipantalla customizada, conexión USB, pantalla color LCD de 5.7" táctil y ampliación de instrucciones para programación de alto nivel.

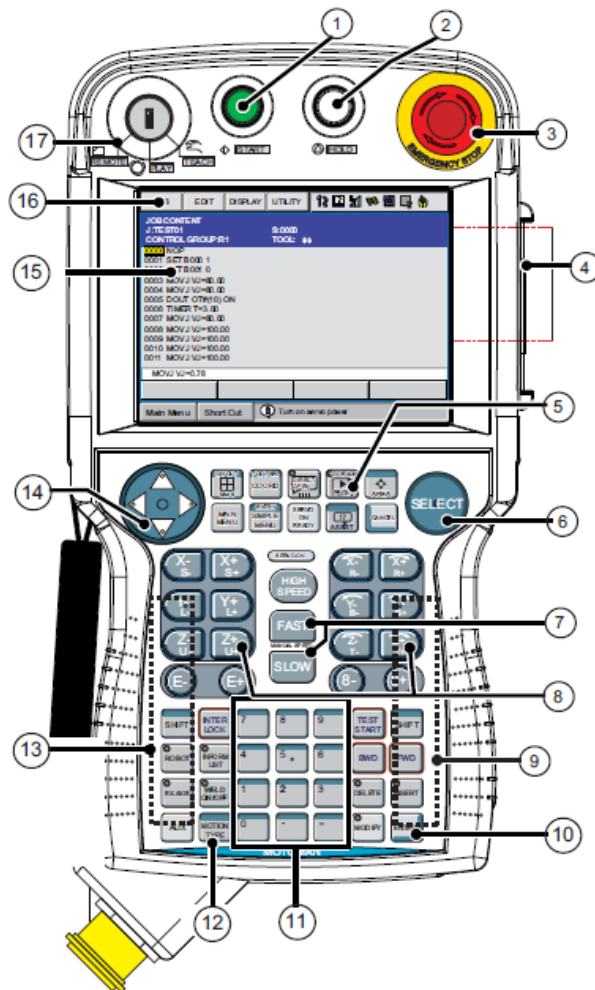
Como hemos señalado el sistema de control está compuesto por el armario y el manipulador programador que está equipado con teclas e interruptores con los que se efectúa la programación del robot y su posicionamiento y suelen editarse las tareas.

Datos técnicos:

<b>Dimensiones</b>	169 (ancho) x 314.5 (altura) x 50 (profundidad)
<b>Pantalla táctil</b>	5,7" LCD a color (640 x 480 píxel)
<b>Peso</b>	0,986 kg
<b>Sistema de coordenadas</b>	Coordenadas de usuario, de herramienta cuadrada/cilíndrica y de la articulación.
<b>Configuración de la velocidad</b>	Posibilidad de efectuar un ajuste fino durante el modo TEACH.
<b>Accesos rápidos</b>	Posibilidad de usar las teclas de acceso directo y los botones seleccionables por el usuario en la pantalla
<b>Kieli</b>	Idiomas más importantes disponibles (en el mundo entero)
<b>Interfaz</b>	Ranura para Compact Flash, USB Port
<b>Sistema operativo</b>	Windows CE

A continuación se encuentran imágenes que ilustran la apariencia del mando de control y los ejes de funcionamiento del robot relacionándolos con las teclas de movimiento del mando.

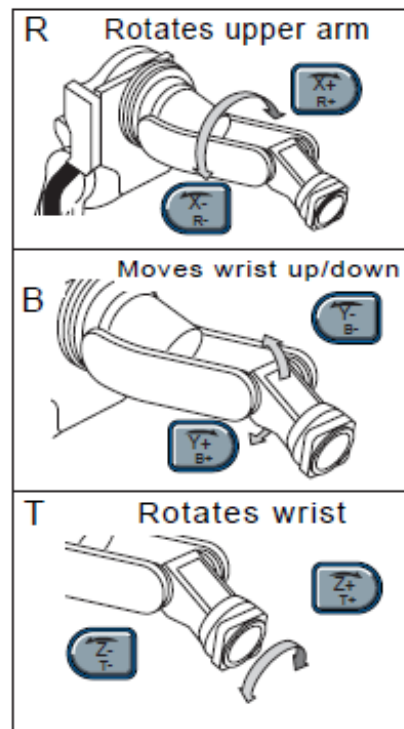
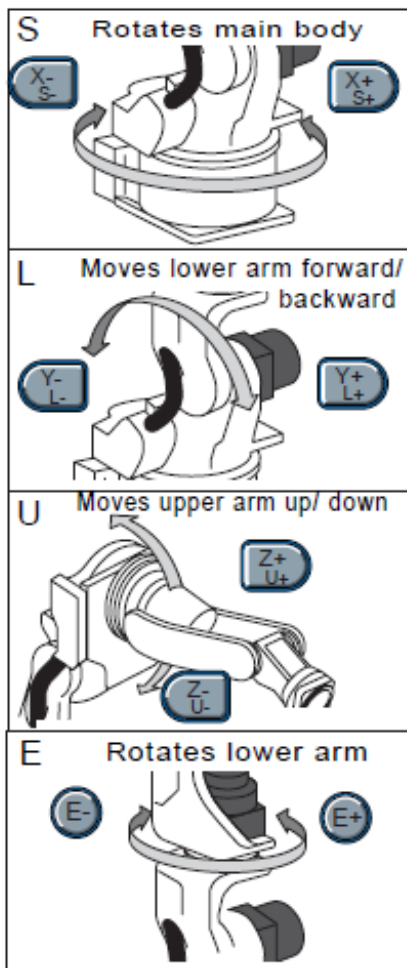
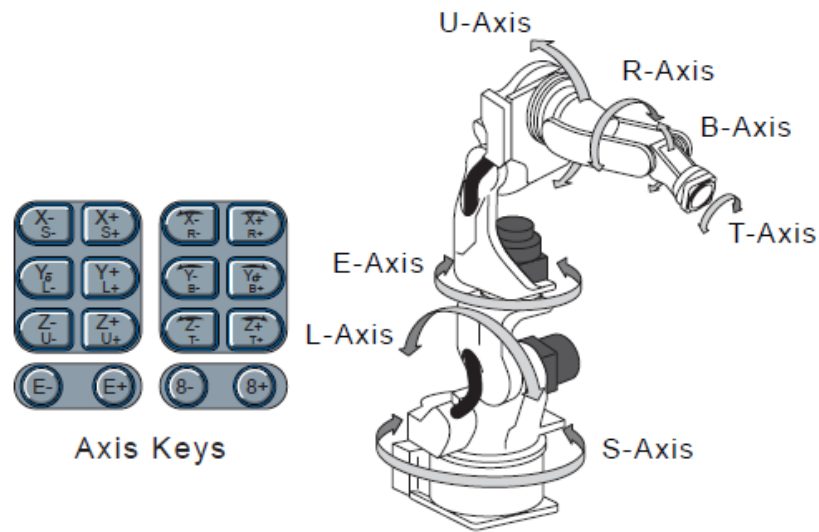




1	Pulsador arranque	9	Tecla de aceptación (Opción)
2	Pulsador Hold	10	Tecla Enter
3	Botón de parada de emergencia	11	Teclas de cifras / teclas de función
4	Ranura para tarjeta CF	12	Tecla tipos de movimiento
5	Tecla para páginas	13	Interruptor "hombre muerto"
6	Tecla de selección	14	Tecla del cursor
7	Teclas de velocidad	15	Display universal de salida
8	Teclas de ejes	16	Área de menú
		17	Interruptor de selección de funciones



A continuacion se representa la figura del Robot junto con el mando de ejes para visualizar de manera simple y esquematica el movimiento del Robot con el mando.



#### 4. DISEÑO

En el siguiente apartado definiremos las referencias pintadas por la célula robotizada e ilustraremos, cogiendo una de ellas como ejemplo, la ficha técnica, los útiles y las garras usadas por el robot para cargar y descargar dicha referencia.

Cabe destacar que todas las referencias tienen una geometría simétrica, facilitando así su calibrado con la cámara de visión y el diseño de los útiles y las garras.

Son 14 referencias distintas las que se pintan mediante la célula. Algunas de las pinzas utilizadas fueron proporcionadas por GMP, la empresa subcontratada que instaló la célula, y muchos útiles de encolado ya estaban diseñados antes de que Trelleborg Cascante cambiase su actividad al encolado, por lo que tomamos como ejemplo la referencia 7N40030321A0, que podemos suponer nueva, y ya nos encargamos en su día del diseño de utillaje y garras.

A continuación la tabla con la descripción de las referencias y su nombre interno. Como se indica, 3 de ellas aún no están operativas.

Descripción	Referencias	Nº ref.	Silver 5
Poliamida Negra	7B3G20512AA0	1	Operativa
Vaso aluminio	7BG2023117A0	2	Operativa
Poliamida (disco)	7M01023652A0	3	Operativa
Poliamida verde	7B3F607210A0	4	Operativa
Poliamida (disco)	7M01023552A0	5	Operativa
Vaso Alumin Modyn	7N40030321A0	6	Operativa
Poliamida (disco)	7M01023452A0	7	Operativa
Híbrido Core	7MG3340411A0	8	No operativa
Poliam. amar. peq.	7MG2184103A0	9	Operativa
Poliam. amar. med.	7MG2183103A0	10	Operativa
Poliam. amar. grand.	7MG2185103A0	11	Operativa
Perfil Aluminio	7BG2867121A0	12	Operativa
Corona	7N40026311A0	13	No operativa
Core (Seta)	7B3G205126A0	14	No operativa

#### 4.1. Ficha técnica

La foto adjunta muestra la ficha técnica de la referencia con raíz 40030321. En ella se indican todos los parámetros necesarios para el proceso de encolado.

Todos estos parámetros han sido definidos siguiendo los oportunos ensayos hasta conseguir el espesor deseado (campo micrajes) con la tolerancias definidas por cliente.

		<b>FICHA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN - ADHESIVO -</b>		Ref. P. Metálica	<b>40030321</b>
				Ref SAP	7N40030321 A0

PREADHESIVADO				
Zn/Co	Granallado	Fosfado	Desengrase	Observaciones
	INTERNO		INTERNO	

MAQUINAS Y ÚTILES				
Tipo máquina	SILVER	X	Sprimag	
Velocidad husillo	10			
Velocidad de plato				
Retardo avance plato (en seg.)				
Método de pintado	Pistolas Fijas			
Temperatura hornos (en °C)	70±10°			
Carga - Descarga	Automático			
Ref. Útiles - Ubicación	N-40030321			

Nº DE PISTOLA \$						
		1	2	3	4	Tolerancias Presion
Presiones Prymer	Pintura	1,5	1,5			(Entre 0,2 y 4 Bar)
	Abanico	2	1,5			(Entre 0,2 y 4 Bar)
Presiones Adhesivo	Pintura	2	2			(Entre 0,2 y 4 Bar)
	Abanico	2,1	2			(Entre 0,2 y 4 Bar)
Tiempo pintado (en segundos)	Prymer	1,4"	1,4"			Nº de pasadas
	Adhesivo	1,5"	1,5"			2

PRIMER		COVER	
G-12 / PRIMER	E-42 / COVER I	E-52 / COVER II+	Thlxon 520 PEF / CI+
X	X		

LOGÍSTICA			
Tipo de caja	Cont.Metalico	Piezas por caja	150
Piezas por útil	1	Contador	150

MICRAJE \$			
Primer	7 µm de media	Cover	13 µm de media

Tiempo Ciclo(\$eg)		OBSERVACIONES
<b>5</b>		
Tolerancia ± 2"		

EMBALAJE	
Und. KANBAN:	1 (Embalaje metalico)=150 Piezas
Pieza Recuperable:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO

PRYMER	UTIL	ADHESIVO

- Ref. SAP:

Indica el número de referencia documentado en SAP, que es el sistema de gestión usado por TrelleborgVibracoustic en todas sus plantas. La raíz es 40030321 y es compartida por todas las plantas por las que pasa esta referencia.

- Pre-adhesivado:

Indica si es necesario algún proceso intermedio antes de pintar/encolar la pieza en cuestión. En este caso son necesarios los procesos de granallado y desengrase que serán llevados a cabo dentro de la planta en la granalladora y la línea de desengrase respectivamente. En el caso de que sea necesario un proceso de Zn/Co (cincado) habría que sub-contratarlo en una empresa externa, ya que Trelleborg Cascante no dispone de este proceso.

- Maquinas y útiles

En este apartado se señala la maquina en la que se pinta la referencia y los parámetros que se deben ajustar: temperatura, método... También se indica el proceso de carga y descarga que en este caso, al estar en la célula robotizada, será automático.

- Nº de pistolas

En este campo se definen el numero de pistolas para cada tipo de pintura (prymer/cover) así como el abanico, pulverización, presión, nº de pasadas y tiempo de pintado. Todos estos ajustes son responsabilidad del encargado o el ajustador del turno correspondiente.

- Muestra:

Se adjunta una o dos fotos en las que se aprecie la geometría de la pieza sin detalles.

- PRYMER / COVER

Señala el tipo de pintura utilizado en el proceso de encolado para la referencia en cuestión.

- Tiempo ciclo

Indica el tiempo que tarda el Robot en cargar una pieza y cargar la siguiente. Este parámetro es el más importante a la hora de calcular precios de venta y otras condiciones.

- Logística / Embalajes

En este apartado aparece el tipo de caja y el número de piezas por caja que coincide con el contador que tenemos que ajustar en la célula para pararla cada final de ciclo y poder cambiar el embalaje. Aparece también el parámetro “unidad Kanban” que indica el número de piezas bajo el que cualquier envío debe ser múltiplo.

- Micrajes

Apartado también muy importante y bajo el que están supeditados la mayor parte. Indica el espesor de cada tipo de pintura que debe llevar la pieza.

- Pieza recuperable

Indica si la pieza puede ser recuperada cuando ocurre un fallo de producción o calidad. Para recuperar la pieza normalmente se vuelve a desengrasar y granallar para posteriormente pasar de nuevo el proceso de encolado.

- PRYMER

Aparece una foto de la pistola de prymer como ejemplo visual para futuros ajustes.

- Útil

Aparece una foto del útil a usar para la referencia en cuestión.

- Adhesivo

Aparece una foto de la pistola de cover como ejemplo visual para futuros ajustes.



#### 4.2. Útiles de encolado

Los útiles de encolado son las herramientas usadas para colocar las piezas de tal manera que el proceso de encolado sea viable mediante la maquina Silver. Para cada ciclo de producción son necesarios 24 útiles, tantos como estaciones de pintado posee la máquina de pintura.

Cuando Trelleborg Cascante cambio su actividad, la mayoría de las referencias que comenzaron a pintarse ya tenían el útil de encolado diseñado. Estos útiles han sufrido modificaciones para conseguir un proceso de encolado más eficiente y en algunos casos han sido desechados en favor de un nuevo diseño. Con el paso del tiempo Trelleborg Cascante fue ganando nuevo proyectos o consiguiendo nuevas referencias, por consiguiente fue necesario el diseño de nuevos útiles de encolado, trabajo que corrió a cargo del departamento de ingeniería.

A la hora de diseñar un nuevo útil de encolado se deben tener en cuenta varios parámetros. El primero de ellos son las dimensiones de la pieza a pintar y el segundo y no menos importante las secciones de la pieza que deben llevar pintura. El ajuste de las pistolas de encolado junto con el útil de pintura deben conseguir que la pieza en cuestión este pintada solo en las secciones que indica el plano de cliente ya que posteriormente la pieza se vulcanizara sobre esas secciones y la pintura será fundamental para el correcto adhesivado de la mezcla de caucho sobre la pieza.

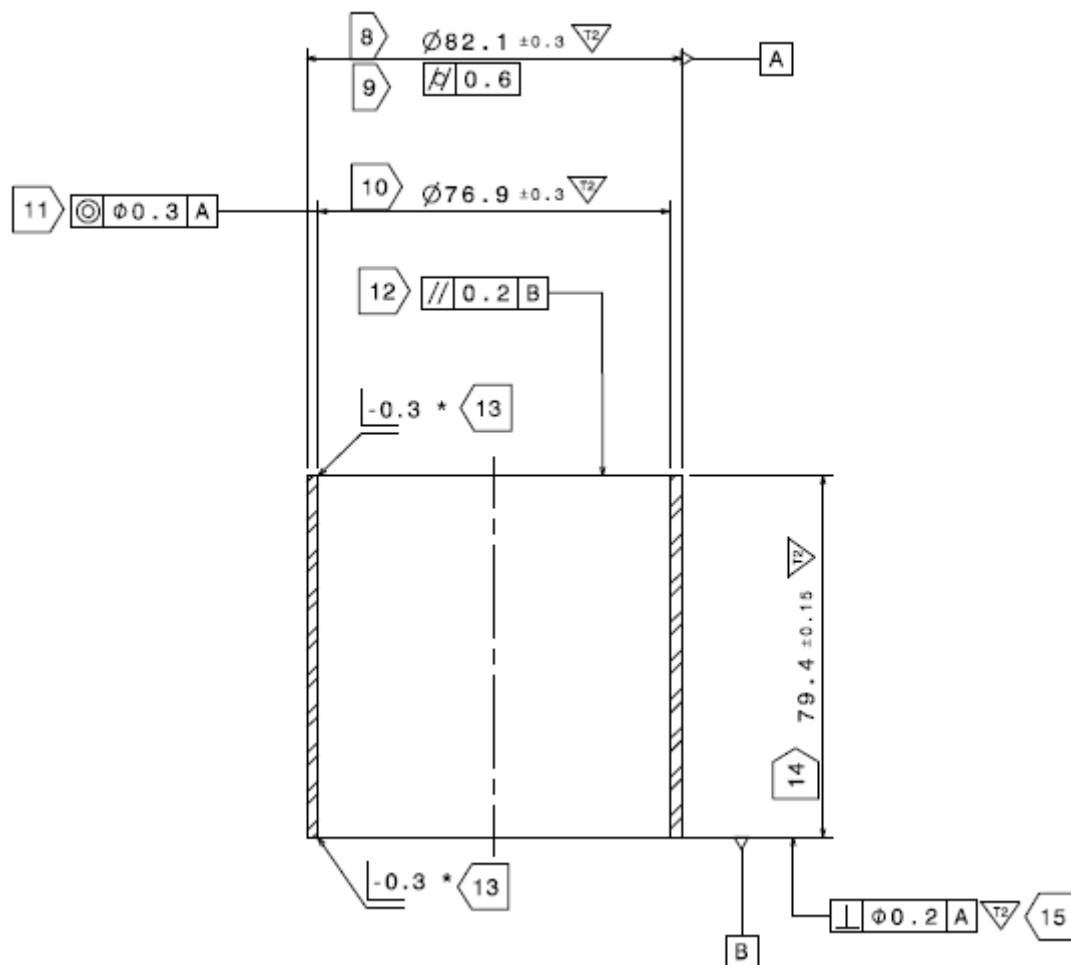
Hasta el momento, como ya se ha comentado antes, todas las referencias pintadas con la célula robotizada son insertos o piezas simétricas y solo se pintan interiormente o exteriormente. De esta manera los útiles serán varillas en la que se introducen los insertos para pintar la pieza exteriormente ó vasos sobre los que se apoyan las referencias para ser pintadas interiormente.

- 40030321

Nuestra referencia ejemplo, como ya se ve en la ficha técnica adjuntada anteriormente, es una especie de vaso sin base de aluminio, de ahí su nombre descriptivo “vaso aluminio Modyn”.

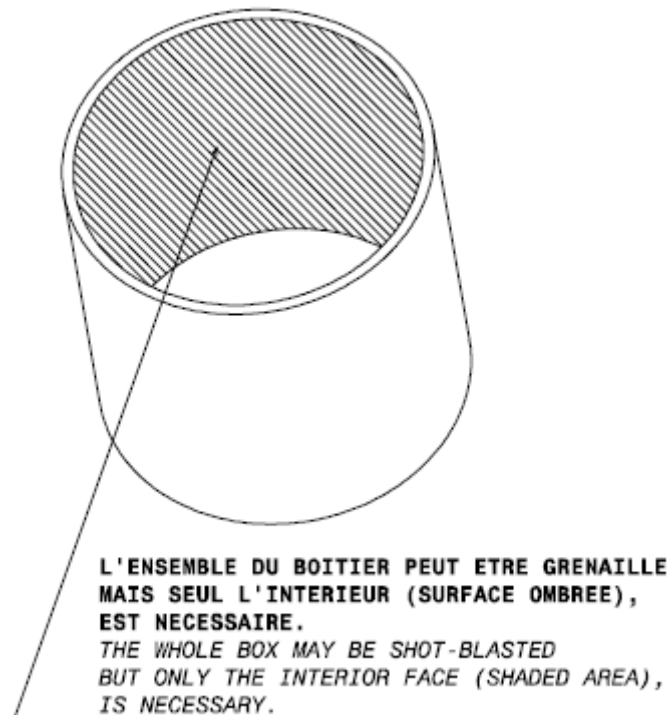
La referencia se pinta interiormente, pasando la pistola de encolado a través de la pieza y pulverizando el prmer y después el cover. El útil de encolado gira sobre su base (estación) para conseguir un óptimo encolado.

El cliente de esta referencia es Trelleborg Modyn, situado en Nantes (Francia). A continuación las dimensiones de la pieza y las indicaciones para el adhesivado en Francés e Inglés.

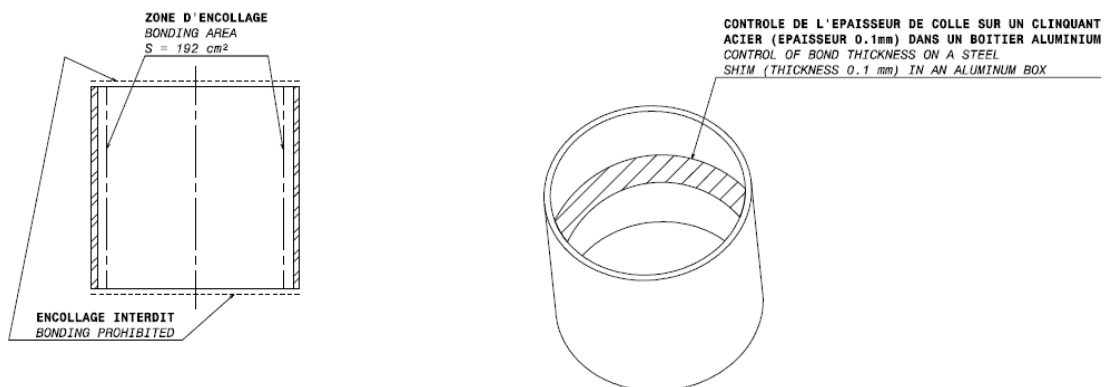


T2 indica las secciones donde es necesario el desengrase y el granallado.





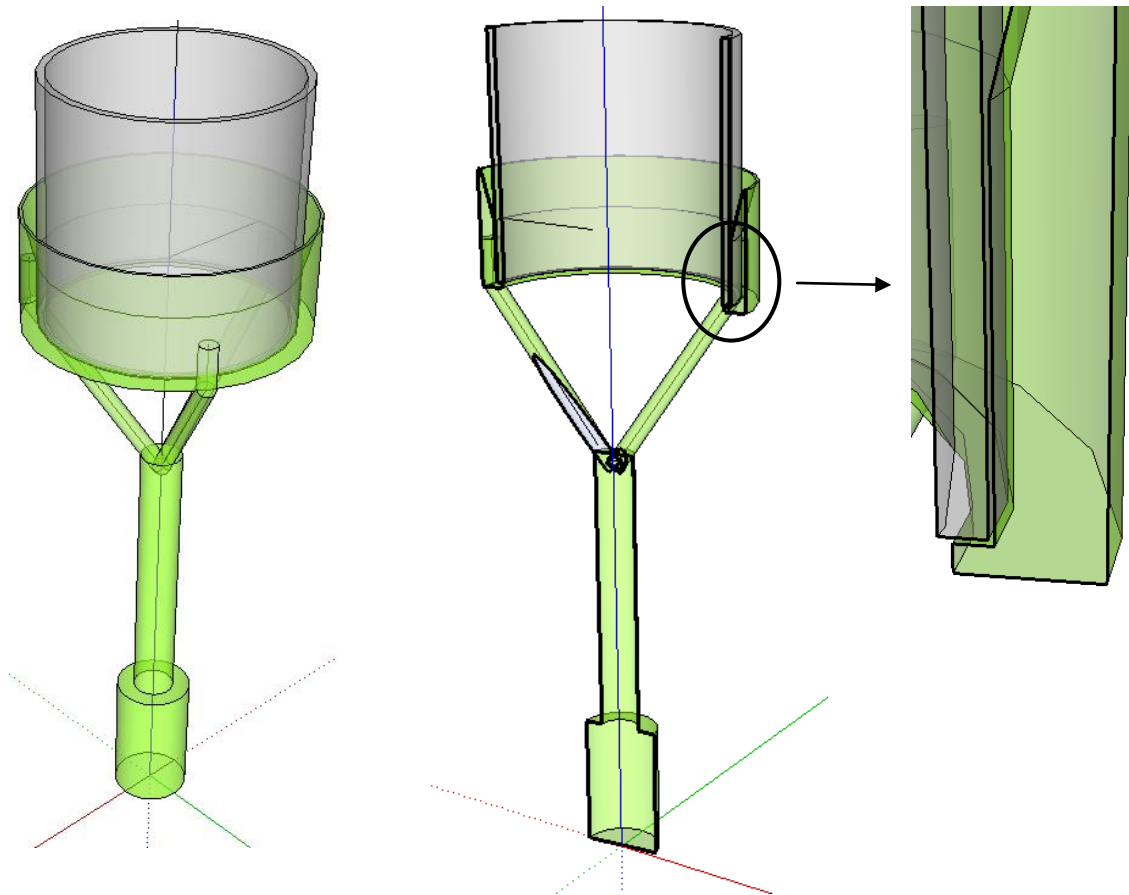
En la figura anterior se indica que aunque toda la pieza será granallada, solo es necesario ese proceso para la cara interior.



La primera figura indica las zonas donde se debe encolar la pieza y las zonas donde no. La segunda señala el tipo de control del encolado que se debe realizar para garantizar la calidad del adhesivado sobre la pieza.

Con los datos anteriores ya podemos diseñar el útil de encolado que va encajado en cada estación de la maquina Silver. Los útiles se diseñan con el programa SketchUp que, aunque no posee numerosas opciones de edición o acotado, cumple con los propósitos requeridos.

El principal punto a tener en cuenta a la hora de diseñar el útil son las tolerancias entre la sección de entrada y la referencia. Debemos ajustarlas de manera que la pieza no vaya demasiado suelta y su encaje sea sencillo.

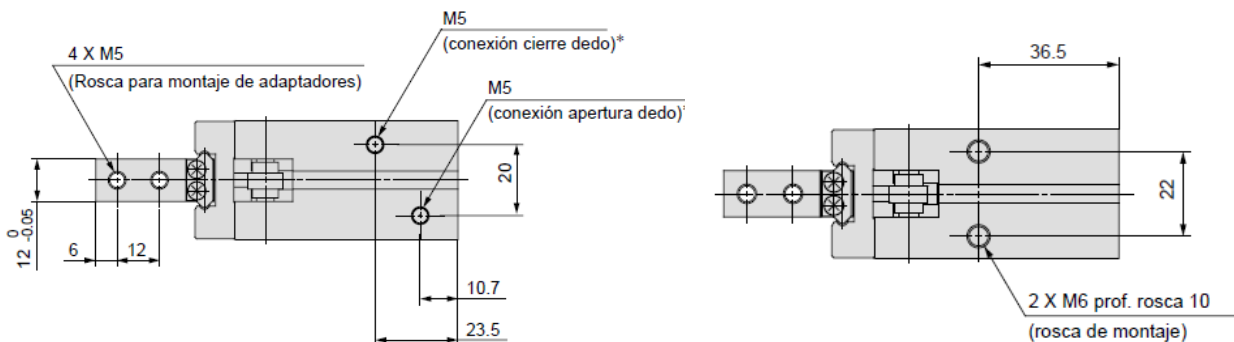


Otros parámetros importantes son la altura del útil y la altura del vaso que cubre a la pieza. Una vez diseñado el útil se envía el diseño a una empresa externa que se encarga de su fabricación.

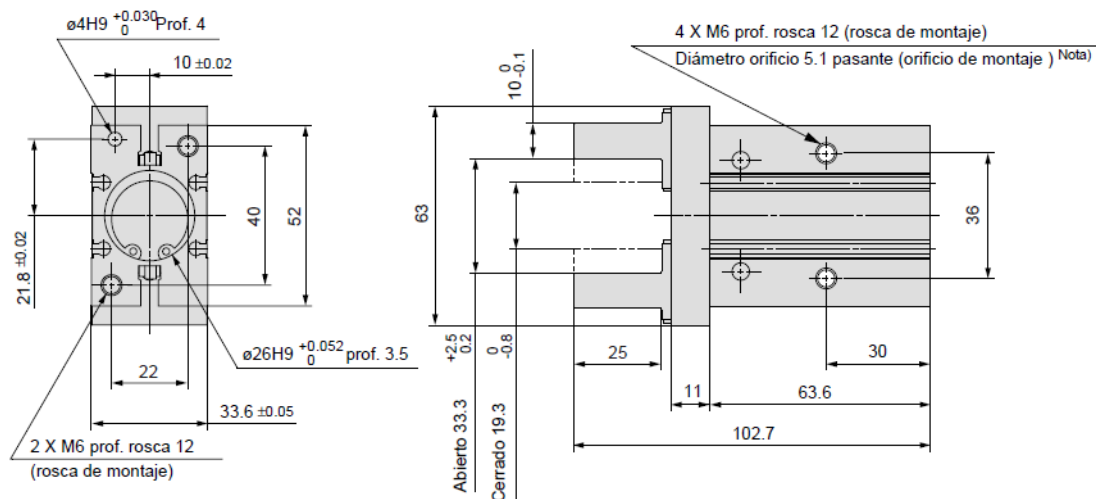
### 4.3. Pistón MHZ2-25

Llamamos pistón a la pinza neumática de apertura paralela que se encuentra sujeta en el extremo del Robot Motoman y que es el elemento externo encargado de coger las piezas de la cinta, cargarlas y descargarlas. En concreto tenemos dos pinzas como elementos externos al Robot (Pinza1, Pinza2). Van conectadas al sistema del Robot mediante un sistema de cableado y también poseen un dispositivo de detección de pieza para funcionar en consonancia con el programa introducido en el sistema DX100.

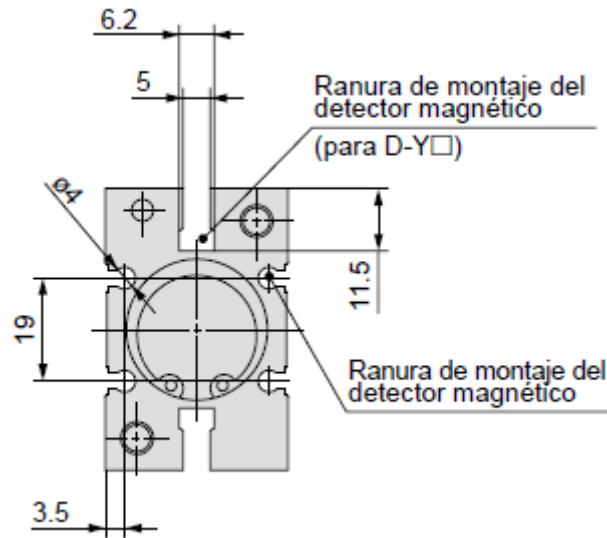
La marca y el modelo escogidos son las pinzas MHZ2-25 “doble efecto/simple efecto” básico. En las siguientes figuras se encuentran las dimensiones y los detalles para el montaje del pistón en el Robot así como para el montaje de las garras en el pistón.



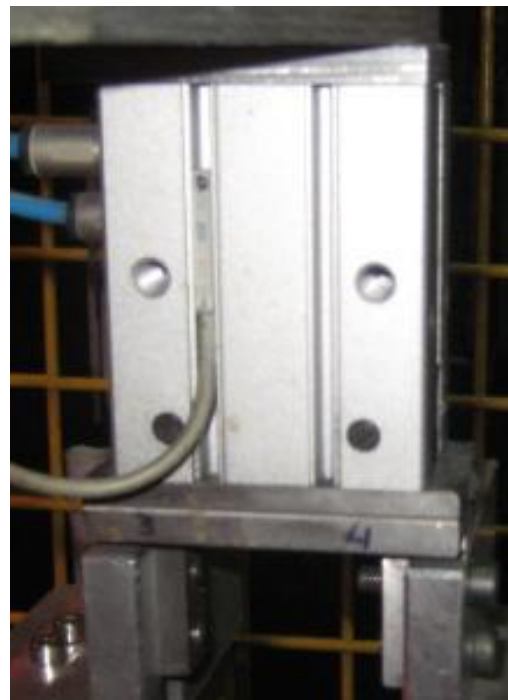
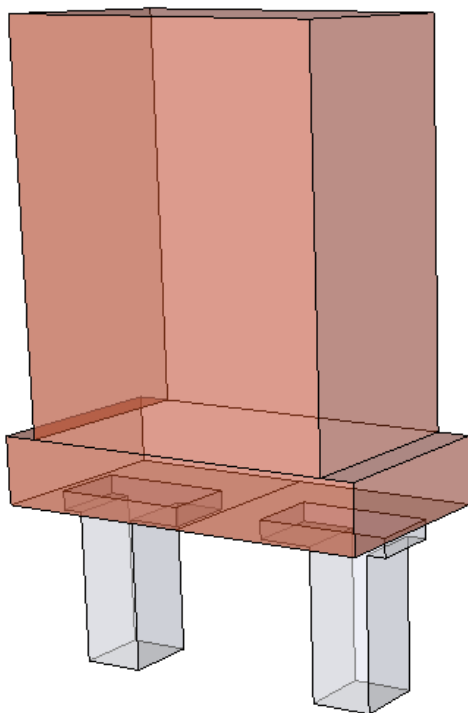
\* Para el modelo de simple efecto, la conexión en un lateral es un respiradero.



A continuación aparecen las dimensiones de la ranura de montaje del detector magnético.

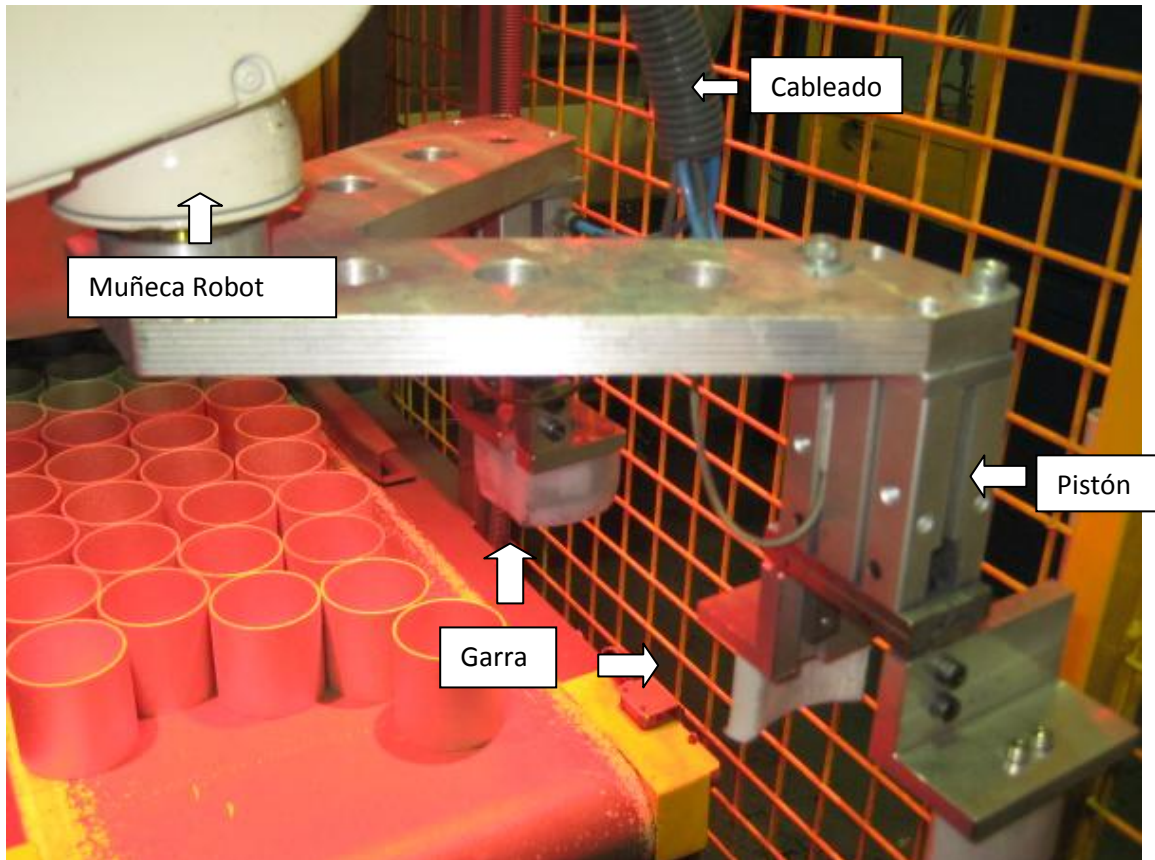


Con las medidas principales ejecutamos el modelo en 3D con SketchUp. Bajo este modelo se diseñaran las garras que irán sujetas al pistón. En los elementos “grises” irán atornilladas las garras correspondientes. Cabe destacar que el pistón es un elemento común para todas las referencias, no así los útiles y las garras.



#### 4.4. Garras

Las garras o pinzas son los elementos externos al Robot que van anclados a la muñeca de este y mediante un sistema de cableado se comunica con el autómatas para realizar las operaciones de carga y descarga en el momento oportuno.



Como ya se ha mencionado anteriormente las garras difieren según la geometría de la referencia y según la sección pintada de cada una de estas. Todas las garras deben asegurar una correcta sujeción y no deben dañar ni tocar la zona pintada de la pieza. Están irán sujetas al pistón (elemento externo del Robot) que será quien reciba la señal del autómatas para abrir o cerrar en el momento oportuno.

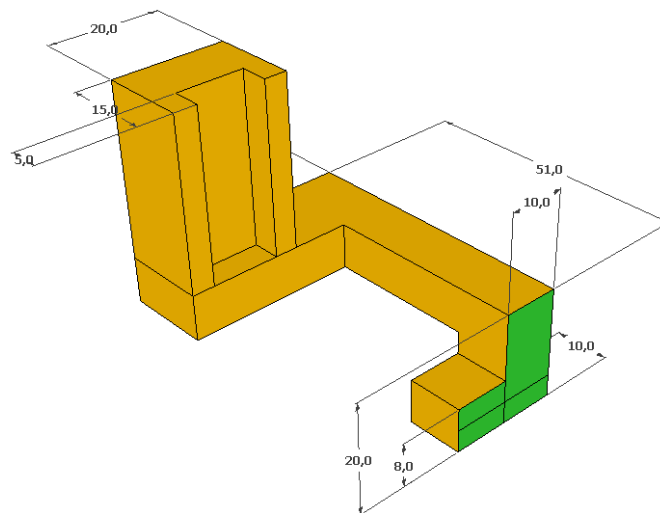
Para optimizar el espacio en la cinta transportadora (pulmón de piezas) la garra de carga cogerá la pieza, siempre que sea posible, interiormente mediante dos “pinchos” que se abren ejerciendo presión en la cara interior del inserto y sujetándolo para posteriormente colocarlo en el útil. Aunque los elementos de la garra realicen un movimiento de apertura, realmente el pistón esta cerrándose. La garra de descarga puede ser de sujeción interior o exterior dependiendo del útil y la zona pintada de la pieza.

- 40030321

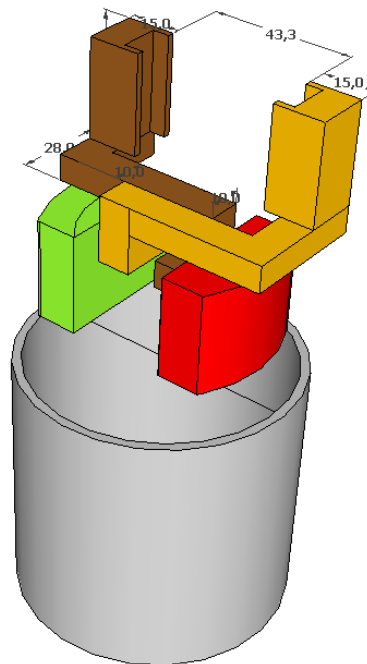
Como ya se ha comentado antes para diseñar las garras de carga y descarga para una referencia tenemos en cuenta su geometría y dimensiones así como la sección pintada. La referencia 40030321 se adhesiva interiormente por lo que la garra de carga será de sujeción interior y la de descarga de sujeción exterior.

○ Garra de carga

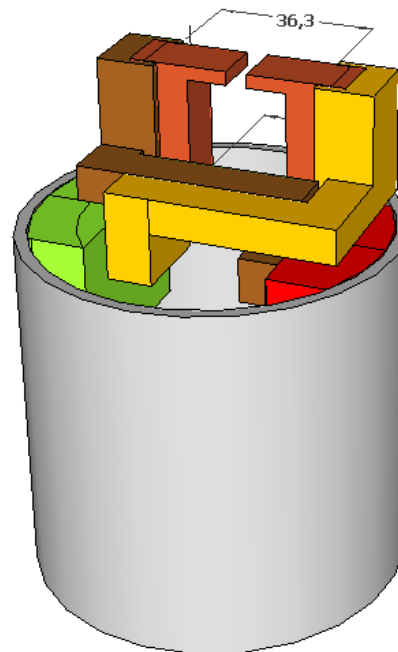
La garra de carga constará de dos piezas de aluminio sujetas a las pinzas del pistón y otras dos piezas de teflón sujetas a estas últimas, que serán las encargadas de soportar la presión entre la referencia y las garras. Una vez diseñadas, una empresa externa se encarga de su fabricación y mecanizado.



La figura anterior representa la geometría y dimensiones de una de las piezas de aluminio de la garra de carga. La cara pintada de verde representa la zona donde la pieza de teflón ira colocada. A continuación se ilustra la garra completa antes de entrar a recoger la pieza. Las piezas de teflón son las representadas con verde y rojo.



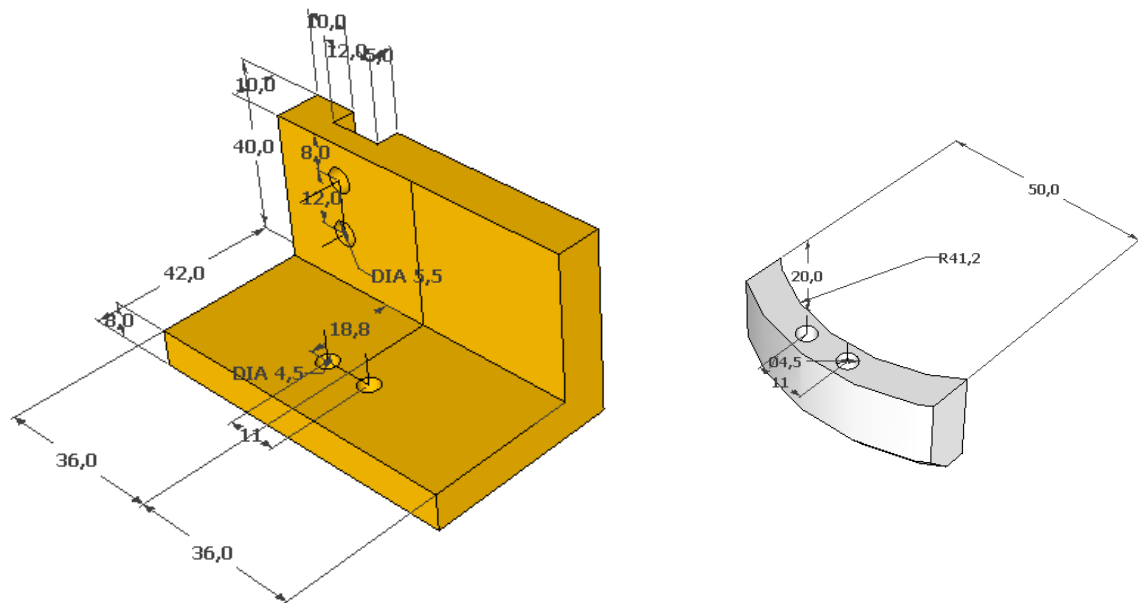
La siguiente figura muestra como, al cierre del pistón, la garra se abre y, ejerciendo presión, sujeta la pieza. Podemos comprobar cómo disminuye la distancia entre las dos piezas de la garra de 43,3 a 36,3 mm. Las pinzas del pistón son las representadas con color rosa.



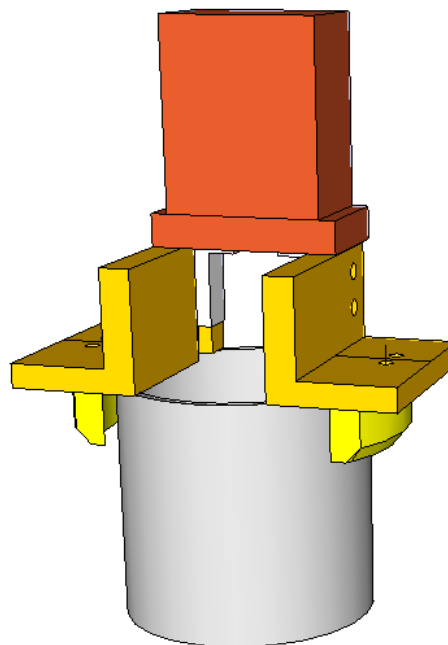
- Garra de descarga

La garra de descarga consta de dos piezas de aluminio sujetas al pistón y otras dos piezas de aluminio en forma de arco sujetas a estas últimas. Estos arcos serán los encargados de soportar la presión entre garra y pieza.





Las dos figuras anteriores representan las dos piezas de una de las dos partes de la garra. El arco va atornillado a los agujeros inferiores de la otra pieza. La fabricación y mecanizado de ambas partes corre a cargo también de una empresa externa. A continuación representamos el conjunto completo (pistón, pinzas, garras) junto con la pieza en posición de descarga. Al cierre del pistón la garra sujetará a la pieza.



#### 4.5. Resumen garras y útiles

En las siguientes dos tablas se encuentran las fotos de las garras (pinzas) de carga y descarga y los útiles para todas las referencias pintadas con la célula robotizada.

Referencia	Programa	Pinza 1	Pinza 2
7B3G20512AA0	Ref_1		
7BG2023117A0	Ref_2		
7M01023652A0	Ref_3		
7M01023552A0	Ref_5		
7MG2184103A0	Ref_10		
7MG2183103A0	Ref_11		
7MG2185103A0	Ref_12		
7NF6072101A0	Ref_4		
7N40030321A0	Ref_6		
7BG2867121A0	Ref_13		
7B3G205126A0	Ref_14		

- 7B3G20512AA0:

Observamos que tanto la pinza1 (carga) como la pinza2 (descarga) son de sujeción exterior.

- 7BG2023117A0

Muy parecida a la referencia ejemplo, en este caso la pinza1 es sujeción interior y la pinza2 exterior.

- 7M01023652A0, 7M01023552A0, 7MG2184103A0, 7MG2183103A0, 7MG2185103A0

Para todas estas referencias son comunes las garras de carga y descarga ya que su geometría y dimensiones son muy parecidas, excluyendo la altura de cada una de ellas. Las garras consisten en 3 puntos de apoyo exteriores tanto para carga como para descarga.

- 7NF6072101A0

Tanto para carga como para descarga las pinzas consisten en dos arcos que sujetan la pieza por su cara exterior.

- 7N40030321A0

La referencia ejemplo, como ya se ha indicado antes, tienes la pinza1 de sujeción interior y la pinza2 de sujeción exterior.

- 7BG2867121A0, 7B3G205126A0

Para estas dos referencias las garras consisten en dos pinchos que ejercen presión sobre la cara interior del inserto. Por lo tanto son pinzas de sujeción interior tanto para carga como para descarga.

A continuación la tabla resumen de los útiles de encolado para las referencias pintadas con la célula.

Referencia	Programa	Útil
7B3G20512AA0	Ref_1	
7BG2023117A0	Ref_2	
7M01023652A0	Ref_3	
7M01023552A0	Ref_5	
7MG2184103A0	Ref_10	
7MG2183103A0	Ref_11	
7MG2185103A0	Ref_12	
7NF6072101A0	Ref_4	
7N40030321A0	Ref_6	
7BG2867121A0	Ref_13	
7B3G205126A0	Ref_14	

## 5. ENTORNO DE PROGRAMACION Y PROGRAMAS

Robot Yaskawa MOTOMAN MH5/DX100 consta del robot propio, el mando manipulador y el armario eléctrico DX100. En el siguiente apartado explicaremos como sacar partido al sistema y se ilustraran los programas definidos de trabajo para la carga y descarga de piezas.

Para poder comprender los programas de carga y descarga realizaremos una introducción hacia las instrucciones básicas y la preparación para la programación.

### 5.1. Instrucciones básicas:

- Instrucciones de movimiento:
  - *MOVJ* => Se mueve al punto programado con el tipo de interpolación articular.
  - *MOVL* => Se mueve al punto programado con el tipo de interpolación lineal.
  - *MOVC* => Se mueve al punto programado con el tipo de interpolación circular.
  - *MOVS* => Se mueve al punto programado con el tipo de interpolación spline.
  - *IMOV* => Mueve el incremento especificado de la posición actual con el tipo de interpolación lineal.
  - *REFP* => Define el punto de referencia.
  - *SPEED* => Configura la velocidad de reproducción.
- Instrucciones E/S:
  - *DOUT* => Conecta y desconecta las señales de salida externa.
  - *PULSE* => Envía una señal de pulsación como una de salida externa.
  - *DIN* => Configura las señales de entrada en variables.
  - *WAIT* => Espera hasta que el estado de la señal de entrada externa coincida con el estado específico.
  - *AOUT* => Envía el voltaje especificado para el puerto de salida análoga de uso general.
  - *ARATION* => Inicia la salida análoga correspondiente a la velocidad.
  - *ARATIOF* => Finaliza la salida análoga correspondiente a la velocidad.
- Instrucciones de control:
  - *JUMP* => Salta a la etiqueta especificada o al programa.
  - *\** (Etiqueta) => Indica el destino del salto.
  - *CALL* => Llama al programa especificado.
  - *RET* => Regresa al programa de la fuente de la llamada.
  - *END* => Declara el fin del programa.
  - *NOP* => Ninguna función

- *TIMER* => Se detiene durante el tiempo especificado.
- *IF* (afirmación) => Evalúa la condición especificada y emite el juicio correspondiente. Descrito después de una instrucción que especifica una cierta acción.
- *UNTIL* (afirmación) => Monitoriza la señal de entrada especificada durante una acción y la detiene cuando el estado de dicha señal haya sido observado. Descrito después de una instrucción que especifica una cierta acción.
- *PAUSE* => Ordena una pausa.
- '(comentario) => Muestra un comentario.
- *CWAIT* => Espera la ejecución de la instrucción en la próxima línea. Se utiliza con la etiqueta *NWAIT* que es un punto adicional de una instrucción de movimiento.
- *ADVINIT* => Inicia el procesamiento de la instrucción de prelectura. Se utiliza para configurar la temporización de acceso para datos de variables.
- *ADVSTOP* => Detiene el procesamiento de la instrucción de prelectura. Se utiliza para configurar la temporización de acceso para datos de variables.
- Instrucción de cambio:
  - *SFTON* => Inicia una función de cambio.
  - *SFTOF* => Detiene una función de cambio.
  - *MSHIFT* => Obtiene el valor del cambio en el sistema de coordenadas especificadas de Datos 2 y 3 y guarda los valores del elemento obtenido en Datos 1.
- Instrucción de operación:
  - *ADD* => Suma Datos1 Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
  - *SUB* => Resta Datos2 de Datos1 y guarda el resultado en Datos1.
  - *MUL* => Multiplica Datos1 por Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
  - *DIV* => Divide Datos1 entre Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
  - *INC* => Incrementa el valor de la variable especificada en 1.
  - *DEC* => Disminuye el valor de la variable especificada en 1.
  - *AND* => Obtiene AND de Datos1 y Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
  - *OR* => Obtiene OR de Datos1 y Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
  - *NOT* => Obtiene NOT de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
  - *XOR* => Obtiene el OR exclusivo de Datos1 y Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
  - *SET* => Configura Datos2 en Datos1.
  - *SETE* => Configura los datos para un elemento en una variable de posición.

- *GETE* => Extrae un elemento en una variable de posición.
- *GETS* => Configura una variable del sistema para la variable especificada.
- *CNVRT* => Convierte la variable de la posición (Datos2) en una variable de posición del sistema de coordenadas especificadas y guarda la variable convertida en Datos1.
- *CLEAR* => Anula (configura en cero) tantas variables como las especificadas por un numero de Datos2 empezando con el numero de la variable en Datos1.
- *SIN* => Obtiene el seno de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
- *COS* => Obtiene el coseno de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
- *ATAN* => Obtiene la tangente del arco de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
- *SQRT* => Obtiene la raíz cuadrada de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
- *MFRAME* => Crea una coordenada de usuario empleando los datos de la posición para los tres puntos determinados como puntos de definición. <Data1> indica los datos de la posición ORG del punto de definición, <Data2> los datos de la posición XX del punto de definición y <Data3> los datos de la posición XY del punto de definición.
- *MULMAT* => Obtiene el producto de la matriz de Datos2 y Datos3 y guarda el resultado en Datos1.
- *INVMAT* => Obtiene la matriz inversa de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
- *SETFILE* => Cambia los datos de contenido de un archivo de condición en datos numéricos de Datos1. Los datos de contenido de un archivo de condición que serán cambiados los especifica el numero del elemento.
- *GETFILE* => Guarda los datos de contenido de un archivo de condición en Datos1. Los datos de contenido de un archivo de condición que serán obtenidos los especifica el numero del elemento.
- *GETPOS* => Guarda los datos de la posición de Datos2 (numero del paso) en Datos1.
- *VAL* => Convierte el valor numérico de la cadena de caracteres (ASCII) de Datos2 al número real y guarda el resultado en Datos1.
- *ASC* => Obtiene el código de caracteres de la primera letra de la cadena de caracteres (ASCII) de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.



- *CHR\$* => Obtiene el carácter (ASCII) con el código de caracteres de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
- *MID\$* => Obtiene la cadena de caracteres (ASCII) de cualquier longitud (Datos 3, 4) desde la cadena de caracteres (ASCII) de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
- *LEN* => Obtiene el número total de bytes de la cadena de caracteres (ASCII) de Datos2 y guarda el resultado en Datos1.
- *CAT\$* => Combina la cadena de caracteres (ASCII) de Datos2 y Datos3 y guarda el resultado en Datos1.

#### Resumen de caracteres utilizados en la programación:

- VJ= (Velocidad de reproducción)
- PL= (Nivel de posición)
- ACC= (ratio para configurar la aceleración)
- DEC= (ratio para configurar la desaceleración)
- V= (velocidad de reproducción)
- VR= (velocidad de reproducción de posición)
- VE= (velocidad de reproducción del eje externo)
- CR= (radio de vértice)
- P, BP, EX, B, I, D, EX (numero de variable)
- BF, RF, TF, UF# (numero de coordenadas del usuario)
- OT# (numero de salida)
- OGH# (numero del grupo de salida)
- OG# (numero del grupo de salida)
- T= (duración segundos)
- IN# (numero de entrada)
- IGH, IG# (numero del grupo de entrada)
- SIN# (numero de entrada del sistema)
- SOUT# (numero de salida del sistema)
- AO# (numero del puerto de salida)
- BV= (voltaje básico)
- OFV= (voltaje de compensación)
- JOB: (nombre del programa)

## 5.2. Programación

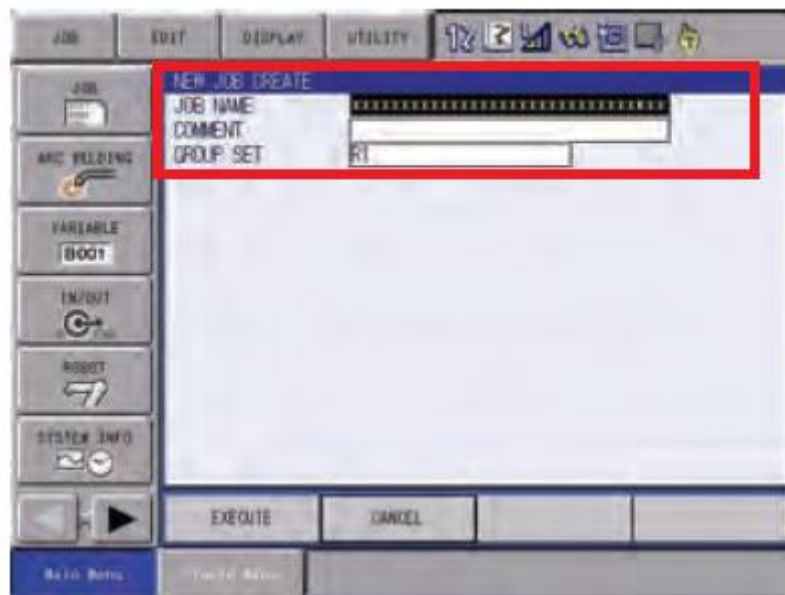
Antes de comenzar con la programación propiamente dicha conviene seguir los siguientes 3 pasos:

Verificar que los botones de parada de emergencia funcionen correctamente:

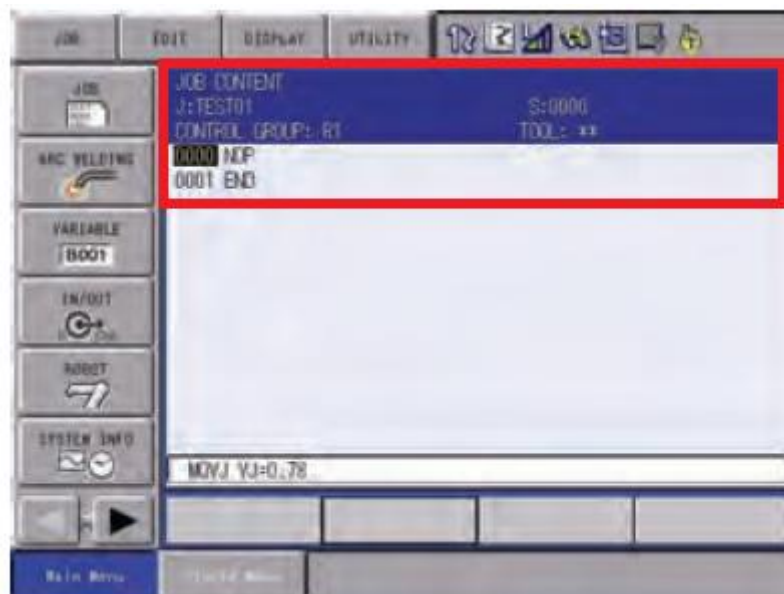
- El botón SERVO ON en la consola de programación debería estar iluminado.
- Pulsar el botón E.STOP (parada de emergencia) en el DX100.
- Comprobar que la servo alimentación esta desconectada.
- El botón SERVO ON se enciende mientras la servo alimentación este conectada.
- Pulsar SERVO ON READY en la consola de programación.
- Una vez se hayan hecho estas comprobaciones la servo alimentación estará lista para conectarse.
- Ajustar el bloqueo de programación:
  - Ajustar el interruptor de modo a TEACH (programación) antes de comenzar a programar.
  - Mientras se haya establecido este bloqueo, el modo operación debe ser siempre TEACH y las maquinas no pueden estar en PLAYBACK utilizando START o la entrada externa.
- Registrar un programa:
  - Seleccionar JOB en el menú principal y seleccione CREATE NEW JOB:



- Aparecerá la ventana NEW JOB CREATE donde se debe introducir el nombre del programa y los comentarios oportunos pulsando el botón SELECT:

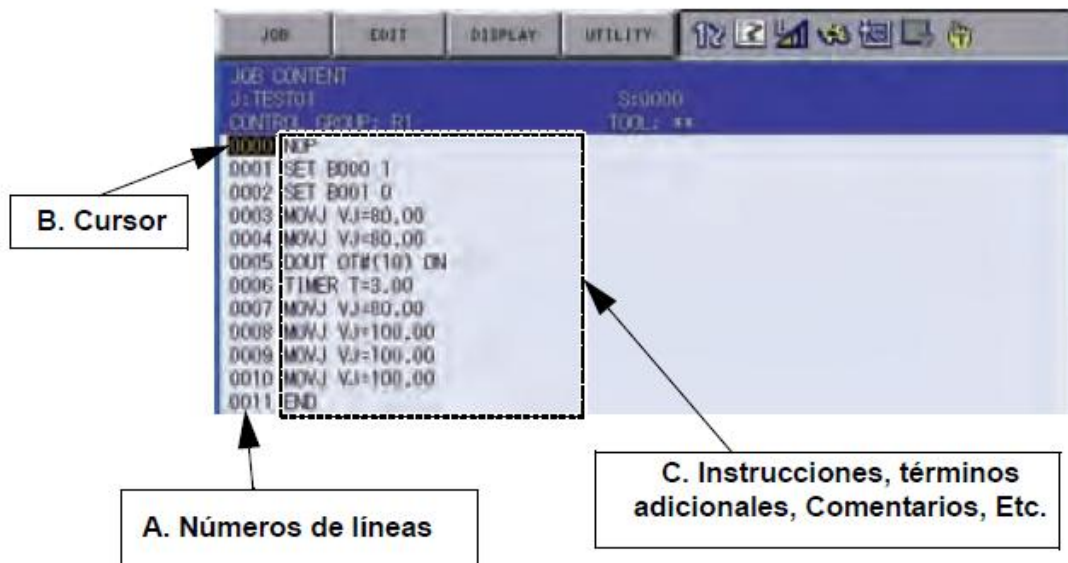


- Una vez realizados los pasos anteriores pulsamos ENTER y tendremos el programa registrado con las instrucciones NOP y END por defecto:



## Operación de programación

- La programación se lleva a cabo en la ventana JOB CONTENT:



- Tipos de interpolación y velocidad de reproducción:

El tipo de interpolación determina el recorrido sobre el que se mueve el manipulador (Robot) entre pasos de reproducción. La velocidad de reproducción es la frecuencia a la cual se mueve el robot.

- Interpolación articular (MOVJ):

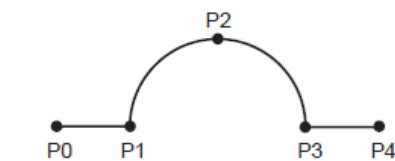
Se utiliza cuando el manipulador no necesita moverse en un recorrido específico. Se utiliza para propósitos de seguridad. La velocidad de reproducción se ajusta pulsando SHIFT + tecla de cursor y se indica como porcentajes de frecuencia máxima.

- Interpolación lineal (MOVL):

El Robot se mueve en una trayectoria lineal de un paso a otro. La velocidad de reproducción se ajusta de la misma manera que en MOVJ y se mide en (mm/s).

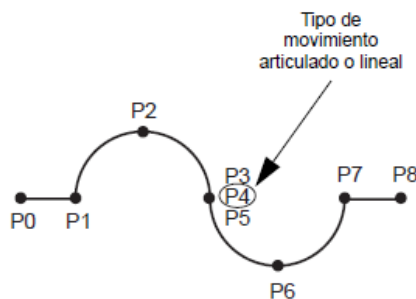
- Interpolación circular (MOVC):

El robot se mueve en un arco que pasa a través de tres puntos. La velocidad de reproducción es idéntica a la interpolación lineal. A continuación se ilustra tres modos de interpolación circular:

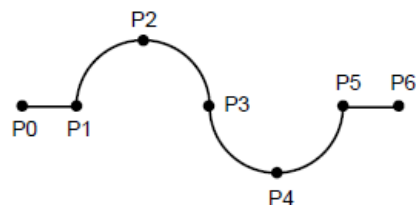


Punto	Tipo de interpolación	Instrucción
P0	Articular o lineal	MOVJ MOVL
P1 P2 P3	Circular	MOVC
P4	Articular o lineal	MOVJ MOVL

Para realizar un arco circular continuo en el que existe un cambio de curvatura existen las siguientes dos posibilidades:



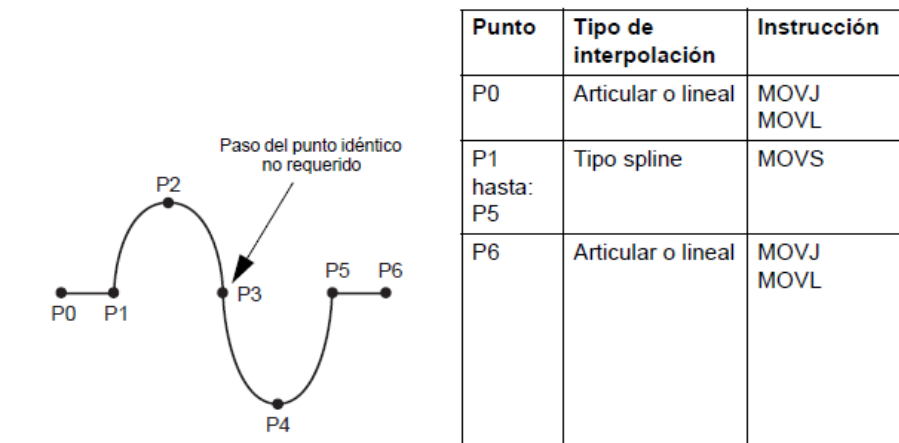
Punto	Tipo de interpolación	Instrucción
P0	Articular o lineal	MOVJ MOVL
P1 P2 P3	Circular	MOVC
P4	Articular o lineal	MOVJ MOVL
P5 P6 P7	Circular	MOVC
P8	Articular o lineal	MOVJ MOVL



Punto	Tipo de interpolación	Instrucción
P0	Articular o lineal	MOVJ MOVL
P1 P2	Circular	MOVC
P3	Circular	MOVC FPT
P4 P5	Circular	MOVC
P6	Articular o lineal	MOVJ MOVL

#### ○ Interpolación tipo spline (MOVS):

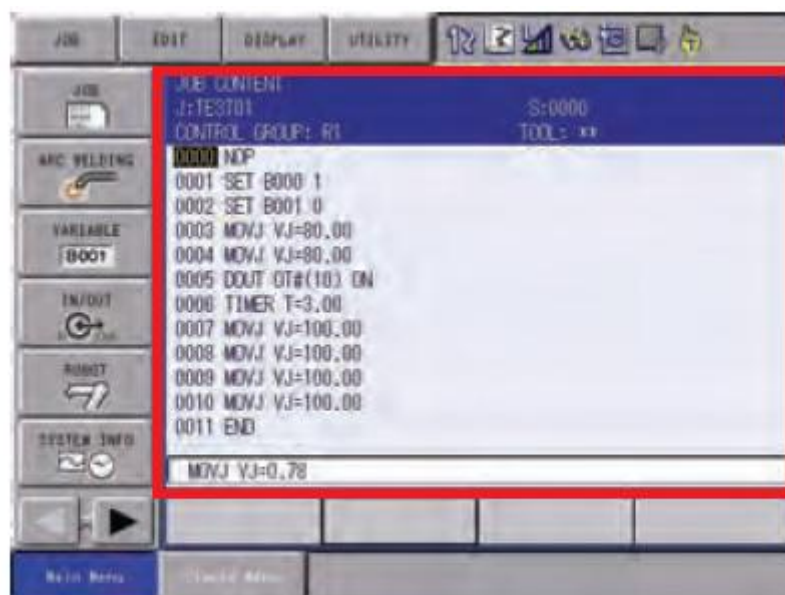
La trayectoria del movimiento es una parábola pasando a través de tres puntos. La velocidad de reproducción es idéntica a la interpolación lineal y circular. Para parábolas continuas difiere con la interpolación circular en que no hace falta un paso intermedio:



En este tipo de interpolación la distancia entre los 3 puntos debe ser mínima, entre 0.25 y 0.75 mm, sino ocurrirán errores y el Robot actuará de forma inesperada.

- Pasos de programación:
  - Hay dos maneras de programar un paso: “Registro de instrucciones de movimiento” o “Inserción de instrucciones de movimiento” entre pasos ya registrados pulsando la tecla INSERT.
  - Ajuste de los datos de la posición:

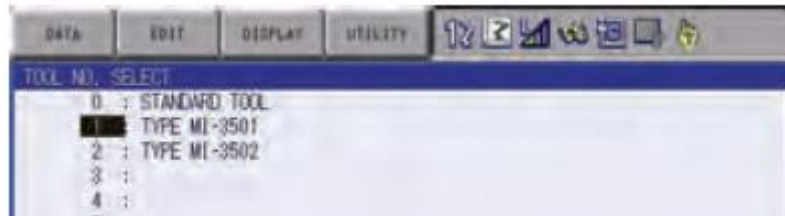
Seleccionar JOB y aparecerá el contenido del programa seleccionado:



Mover el cursor a la línea antes de la posición donde queremos registrar una nueva instrucción. Sujetar el interruptor de habilitación y mover el Robot con las teclas de los ejes hasta la posición deseada.

- Selección de numero de herramienta:

Seleccionamos las coordenadas JOINT, XYZ/CYLINDRICAL o TOOL y pulsamos SHIFT+COORD para acceder a la venta de nº de herramienta.



Seleccionamos la herramienta y pulsamos otra vez SHIFT+COORD para volver al contenido del programa (JOB CONTENT).

- Ajustar tipo de interpolación

Pulsamos MOTION TYPE y seleccionamos el tipo de interpolación deseado.

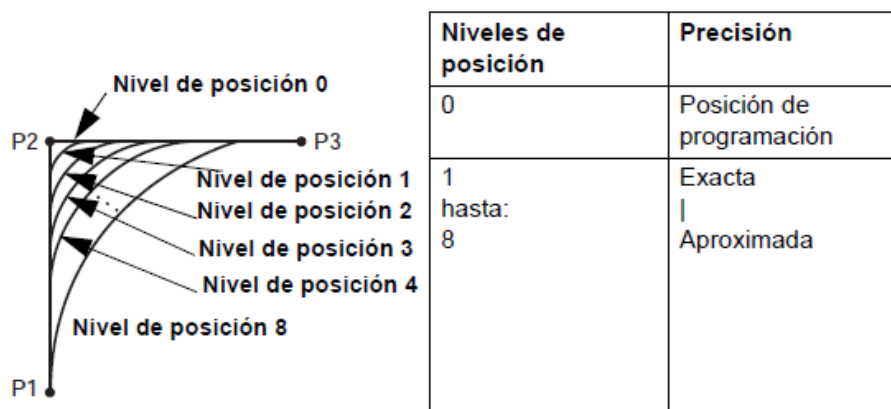
- Ajuste velocidad de reproducción

Nos movemos a la línea de instrucción y pulsamos SELECT. Pulsamos SHIFT + - o  $\pm$  según queramos reducir o aumentar la velocidad.

**Pulsamos ENTER y se registra la instrucción MOV.**

- Nivel de posición

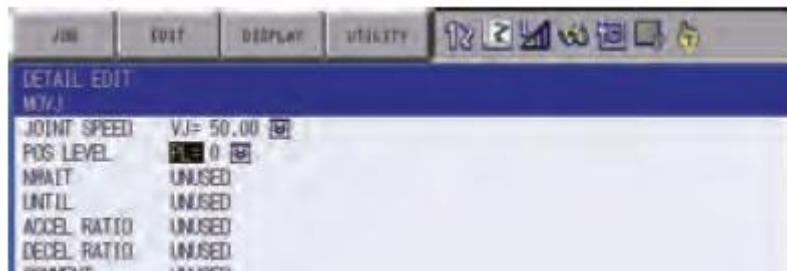
El nivel de posición es el grado de aproximación del Robot a una posición programada. Si no se establece la precisión dependerá de la velocidad. La relación es la siguiente:



- Configuración del nivel de posición

Seleccionamos la instrucción de movimiento y en la ventana DETAIL EDIT seleccionamos la línea POS LEVEL. En PL pulsamos ENTER e introducimos el valor con las teclas numéricas.





Para puntos de paso se pueden utilizar valores entre 1 y 8 para reducir el tiempo de ciclo y para puntos de posición completos introducimos 0.

- Registro de instrucciones de punto de referencia:

Estas instrucciones establecen puntos auxiliares para cada aplicación.

- Seleccionamos JOB
- Movemos el cursor a la posición anterior donde queremos introducir el punto de referencia.
- Sujetando los Servos, movemos el Robot con las teclas de los ejes hasta el punto de referencia deseado.
- Pulsamos REFP y cambiamos el numero del punto de referencia pulsando SHIFT + la tecla del cursor o SELECT, introducir y pulsar ENTER.
- Pulsamos ENTER y tendremos registrada la instrucción REFP.

- Registro de instrucciones del temporizador:

La instrucción del temporizador detiene el Robot un tiempo especificado.

- Seleccionamos JOB
- Movemos el cursor a la posición anterior.
- Pulsamos TIMER y cambiamos el valor del temporizador pulsando SHIFT + tecla de cursor.
- Pulsamos ENTER y tendremos registrada la instrucción del temporizador.

Cambio del valor del temporizador:

- Pulsamos TIMER.
- Pulsamos SELECT.
- Introducimos el nuevo valor en la ventana DETAIL EDIT de la instrucción pulsando SELECT en el numero, introduciendo el nuevo valor y pulsando ENTER.
- Ya en la venta JOB volvemos a pulsar ENTER para registrar el nuevo valor del temporizador.

- Superposición de los pasos primero y último.

La superposición es necesaria para mejorar la eficiencia del programa que con esta instrucción, al repetirse el programa, omitirá el último paso al estar superpuesto con el primero y pasando directamente del penúltimo paso al primero mejorando la eficiencia .

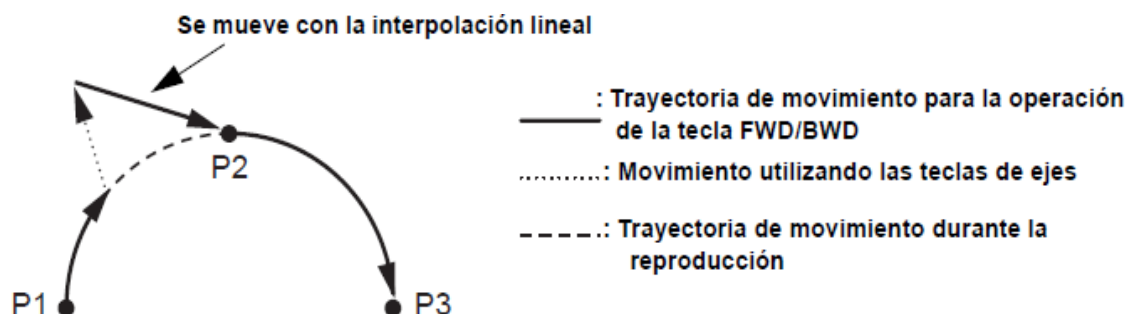
- Movemos el cursor al primer paso.
- Pulsamos FWD.
- Movemos el cursor al último paso.
- Pulsamos MODIFY.
- Pulsamos ENTER y ya tenemos la posición del primer paso en el último.

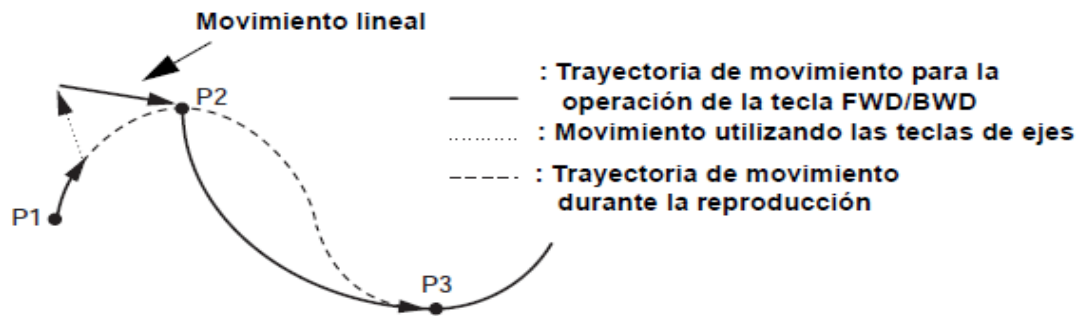
### Verificación de pasos

Verificamos que la posición de los pasos programados es la correcta utilizando FWD(hacia adelante) o BWD(hacia atrás). Con estas funciones el Robot se mueve un solo paso. Movemos el cursor al paso que queremos chequear y pulsamos FWD o BWD. El Robot se moverá hacia el próximo paso o el previo y se detendrá. Si pulsamos INTERLOCK + FWD o BWD se ejecutaran todas las instrucciones y no solo la de movimiento de paso a paso.

- Precauciones al usar FWD / BWD
  - Al ejecutar INTERLOCK + FWD el Robot se detiene tras reproducir un ciclo a no ser que exista la instrucción CALL, entonces el Robot se mueve según la instrucción cercana a la instrucción CALL. De la misma manera para BWD pero en sentido contrario al número de pasos.
  - Movimientos circulares y de tipo spline con FWD / BWD

Si con las teclas de eje movemos el Robot a un punto fuera de la trayectoria de un arco o una parábola, al volver a ejecutar FWD / BWD el Robot se desplazara en línea recta al siguiente punto:





En el caso de movimiento tipo spline la trayectoria de la parábola puede modificarse al volver a ejecutar FWD / BWD.

- Selección de la velocidad manual

Cuando se pulsa FWD o BWD el Robot se mueve a la velocidad manual seleccionada en el momento. Podemos modificar esta velocidad pulsando las teclas FAST o SLOW.

- Movimiento hacia el punto de referencia:

Para comprobar la posición de un punto de referencia programado: Movemos el cursor a la línea de instrucción, pulsamos REFT + FWD y verificamos la posición de Robot.

- Operaciones de prueba:

Las operaciones de ejecución del programa en modo PLAY pueden ser simuladas en el modo TEACH. Se usa para comprobar trayectorias e instrucciones de operación.

- Seleccionamos JOB
- Pulsamos INTERLOCK + TEST START
- El robot se detiene si dejamos de pulsar TEST START.
- Operación de máquina bloqueada.

Si activamos MACHINE LOCK podemos comprobar las funciones sin mover el manipulador.

- Pulsar AREA
- Seleccionar UTILITY
- Seleccionar SETUP ESPECIAL RUN
- Seleccionar MACHINE LOCK: Pulsamos SELECT para cambiar de VALID a INVALID y viceversa.

Al validar o invalidar una función, esta configuración se mantiene incluso en la reproducción normal.

## Modificación de pasos

Para todos los casos de modificación, para llamar a los programas seleccionamos JOB en el menú principal, pulsamos SELECT JOB y seleccionamos el programa deseado.

- Inserción de instrucciones de movimiento
  - o Movemos el cursor a la línea anterior a la posición de inserción.
  - o Pulsando la tecla de operación de ejes movemos el Robot a la posición de inserción, ajustamos el tipo de interpolación y la velocidad.
  - o Pulsamos INSERT y seguido ENTER.

**La instrucción del movimiento ha sido añadida**

0006	MOVL V=276
0007	TIMER T=1.00
0008	DOUT OT#(1) ON
0009	MOVL V=558
0010	MOVJ VJ=100.0

- Anulación de instrucciones de movimiento
  - o Movemos el cursor a la instrucción que queremos borrar.
  - o Pulsamos DELETE y seguido pulsamos ENTER.
- Modificación de los datos de posición
  - o Movemos el cursor a la instrucción MOV que queremos modificar.
  - o Con los SERVOS conectados movemos el manipulador a la nueva posición.
  - o Pulsamos MODIFY y seguido ENTER.
- Modificación del tipo de interpolación
  - o Movemos el cursor a la instrucción que va a ser modificada.
  - o Pulsamos FWD para mover el robot a la posición de la instrucción de movimiento.
  - o Pulsamos DELETE y ENTER.
  - o Pulsamos MOTION TYPE
  - o Pulsamos INSERT y seguido ENTER.

El tipo de interpolación y los datos de posición cambiarán al mismo tiempo.

- Función de cancelación

La función puede ser cancelada después de insertar, anular o modificar una instrucción. Se activa al seleccionar EDITaENABLE UNDO.

- o Pulsamos ASSIST
- o Seleccionamos UNDO para deshacer la última operación.
- o Seleccionamos REDO para cancelar la última función.

- Anulación de instrucciones del punto de referencia

Si el Robot está en una posición diferente a la que marca la posición aparecerá un mensaje de error. Corregimos esto moviendo el Robot o cambiando los datos del punto de referencia.

- Movemos el cursor a la instrucción del punto de referencia
  - Pulsamos DELETE y seguido ENTER
- Modificación de instrucciones del punto de referencia
  - Movemos el cursor a la posición del punto de referencia y movemos el Robot a la posición nueva.
  - Pulsamos REFP, MODIFY y seguido ENTER
- Eliminación de instrucciones del temporizador
  - Movemos el cursor a la instrucción del temporizador
  - Pulsamos DELETE y seguido ENTER
- Modificación de instrucciones del temporizador
  - Movemos el cursor a la instrucción del temporizador.
  - Pulsamos TIMER
  - Pulsamos SHIFT + la tecla del cursor y luego SELECT para introducir el nuevo valor
  - Pulsamos MODIFY y seguido ENTER

### Modificación de programas

Como se ha señalado anteriormente para llamar a un programa seleccionamos JOB y luego SELECT JOB y seleccionamos el programa deseado. Distinguimos 5 ventanas relacionadas con el programa:

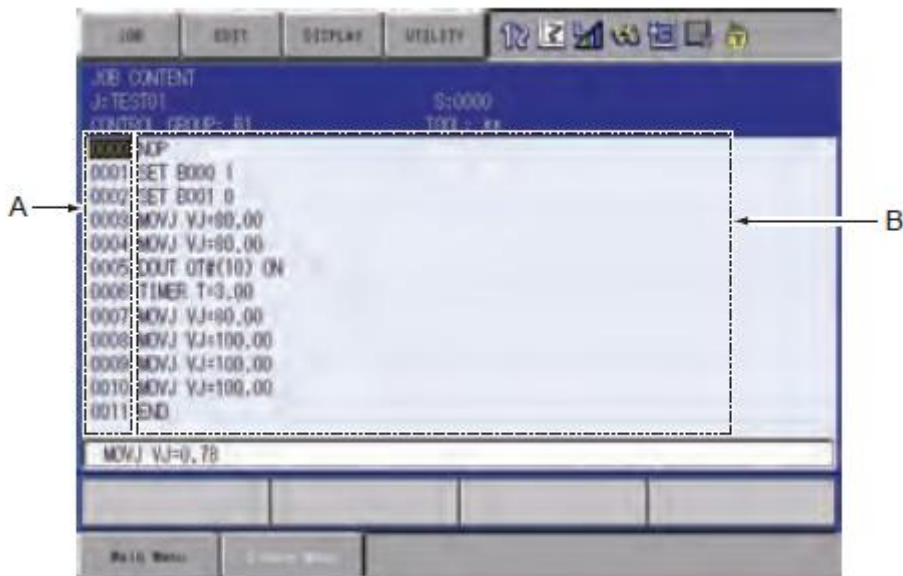
- JOB HEADER

Es el encabezado del programa. Seleccionamos DISPLAY en el menú y JOB HEADER. Distinguimos 9 campos:

- JOB NAME: Nombre del programa
- COMENTARIO: Comentarios del programa
- DATE: Fecha de la última edición del programa.
- CAPACITY: Cantidad de memoria usada por el programa.
- LINES: Cantidad de instrucciones del programa.
- STEPS: Cantidad de instrucciones de movimiento.
- EDIT LOCK: Muestra si el programa se puede editar o no.
- TO SAVE TO FD: Aparecerá DONE si el programa ya ha sido guardado en una memoria externa después de su última edición y NOT DONE en caso contrario.
- GROUP SET: Muestra el grupo que controla este programa. Si se especifica el eje maestro, aparece resaltado.

## - JOB CONTENT:

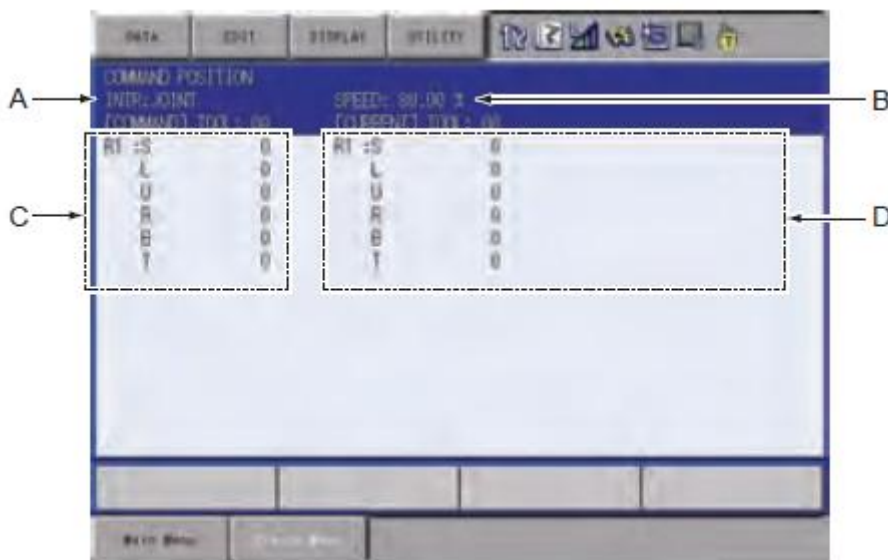
Con las teclas derecha e izquierda del cursor nos movemos entre el área de direcciones (números de línea) y el área de instrucciones (instrucciones, puntos y comentarios).



A: Área de direcciones; B: Área de instrucciones

## - COMMAND POSITION

Seleccionamos ROBOT y COMMAND POSITION

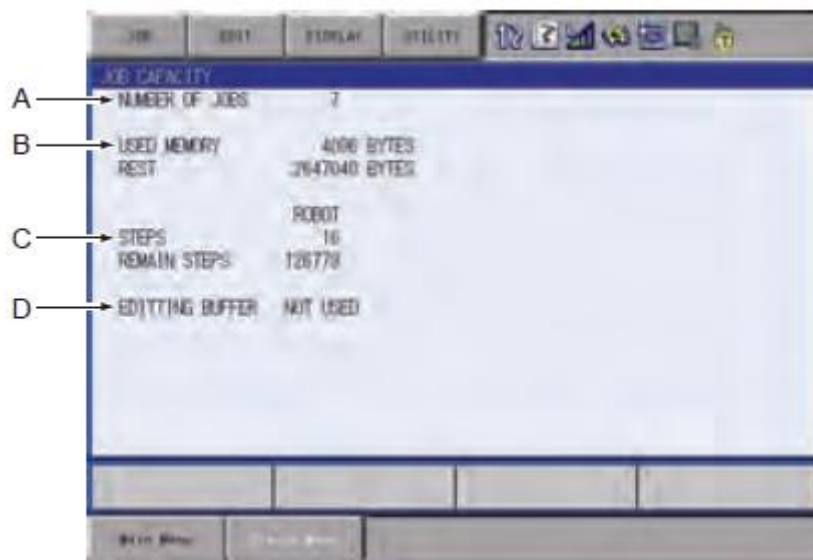


En esta ventana no podemos editar pero se visualiza: A: Tipo de interpolación ; B: Velocidad de reproducción ; C: Posición de comando ; D: Datos actuales (numero y posición del archivo de la herramienta actual del Robot)



## - JOB CAPACITY

Seleccionamos JOB y luego JOB CAPACITY.



A: Cantidad de programas registrados en la memoria; B: Memoria utilizada; C: Cantidad total de pasos; D: Uso de memoria intermedia para editar.

### Instrucciones de edición

El contenido editable varía dependiendo según el área donde se halle el cursor. Las aéreas, antes explicadas, son el área de direcciones y el área de instrucciones. En el área de direcciones se modifican las instrucciones y en el de instrucciones se modifican los puntos adicionales de las instrucciones. Clasificación de los grupos de instrucciones:

Indicación	Grupo de instrucciones	Contenido	Ejemplo
ENTRADA / SALIDA	instrucciones E/S	Entrada y salida de controles	DOUT, WAIT
ALIMENTACIÓN	Instrucciones de control	Controla el procesamiento de cada tarea	JUMP, TIMER
MOTION	instrucciones de movimiento	Mueve el manipulador	MOVJ, REFP
DISPOSITIVO	instrucciones del trabajo	Pone en operación soldadura de arco, soldadura por puntos, manipulación, pintura, etc.	ARCON, WVON, SVSPOT, SPYON
ARITH	Instrucciones de operación	Realiza cálculos aritméticos	ADD, SET
SHIFT]	instrucciones de cambio	Cambia el punto de programación	SFTON, SFTOF
SENS (Opción)	Instrucciones del sensor (opción)	Instrucciones relacionadas con el sensor	COMARCON
OTHER	Otras instrucciones	Instrucciones para funciones distintas a las anteriores	SHCKSET
SAME	-	Especifica la instrucción donde está el cursor.	
PRIOR	-	Especifica la instrucción previamente registrada.	

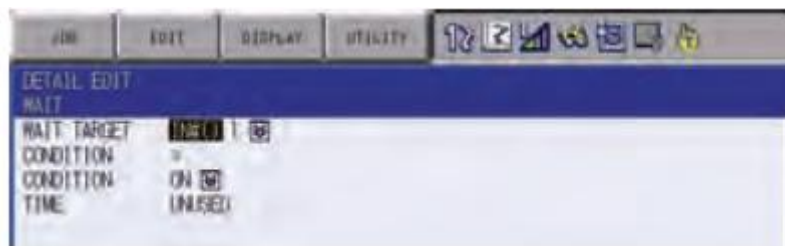


- Inserción, borrado y modificación de instrucciones

Pulsamos JOB CONTENT y movemos el cursor a la línea anterior en la que queremos introducir/modificar la instrucción. Pulsamos INFORM LIST, seleccionamos el grupo de instrucción y luego la instrucción deseada. Para editar los puntos adicionales de la instrucción pulsamos SHIFT + tecla del cursor o SELECT + dato numérico. Para una modificación de los puntos adicionales más detallada, nos movemos la línea de instrucción, pulsamos SELECT y la ventana DETAIL EDIT editamos los puntos de la manera deseada. Una vez hayamos terminado, pulsamos MODIFY y ENTER para modificar o INSERT y ENTER para insertar. Para borrar basta con movernos a la instrucción y pulsar DELETE y ENTER.

- Inserción, borrado y modificación de puntos adicionales

De la misma manera que para la modificación de instrucciones pulsamos JOB CONTENT y, en el área de instrucciones, movemos el cursor al punto adicional deseado. Lo seleccionamos y en la ventana DETAIL EDIT editamos el punto en cuestión modificando los diferentes campos. Para borrar un punto adicional basta con ponerlo en modo UNUSED y de la misma manera para introducir otro punto quitamos la condición UNUSED en el punto deseado.



El tipo de constante lo cambiamos en la flecha de la derecha. Al terminar pulsamos ENTER para confirmar la modificación.

### Instrucciones de control

Destacamos como instrucciones de control la instrucción CALL, RET y JUMP.

- Instrucción CALL

Se utiliza para ligar dos programas para lo cual se crea un programa principal que contiene la instrucción CALL para llamar a cada subprograma.

- En el área de direcciones movemos el cursor a la línea anterior.
- Presionamos INFORM LIST, pulsamos CONTROL y seleccionamos CALL.
- Desplegada la instrucción CALL JOB, movemos el cursor al nombre del programa pulsamos SELECT y seleccionamos el programa que va a ser llamado. Pulsamos ENTER.

#### - Instrucción RET

Es utilizada cuando un subprograma necesita retomar al programa principal antes de la instrucción END, basado generalmente en una condición IF.

- En el área de direcciones pulsamos INFORM LIST.
- Seleccionamos CONTROL y RET.
- Pulsamos ENTER.

#### - Instrucción JUMP

La instrucción JUMP se puede utilizar junto con una etiqueta para saltar a una línea con un condicional IF.

- En la línea donde se quiere insertar, pulsamos INFORM LIST, y en CONTROL seleccionamos JUMP.
- Movemos el cursor a LABEL (etiqueta), pulsamos CANCEL para borrar la línea del buffer de entrada y escribimos el nombre de la etiqueta. Pulsamos ENTER.

### Instrucciones de E/S

Las utilizamos para comunicar el Robot con otros dispositivos.

#### - Instrucción DOUT

Se utiliza cada vez que se necesita activar o desactivar un dispositivo.

- En el área de direcciones pulsamos INFORM LIST, en IN/OUT seleccionamos DOUT.
- Pulsamos SELECT para ir a la ventana de detalle. En OUTPUT introducimos el numero de salida OT#( ) y en DATA seleccionamos entre ON/OFF.
- Pulsamos ENTER para registrar la instrucción.

#### - Instrucción PULSE

Se utiliza cuando es necesario activar una salida y mantenerla activa durante cierta cantidad de tiempo.

- En el área de direcciones, pulsamos INFORM LIST y dentro de IN/OUT seleccionamos PULSE.
- Pulsamos SELECT para ir a la ventana de detalle y dentro de esta introducimos el numero de salida OT#( ) y el tiempo en TIMER.

## - Instrucción WAIT

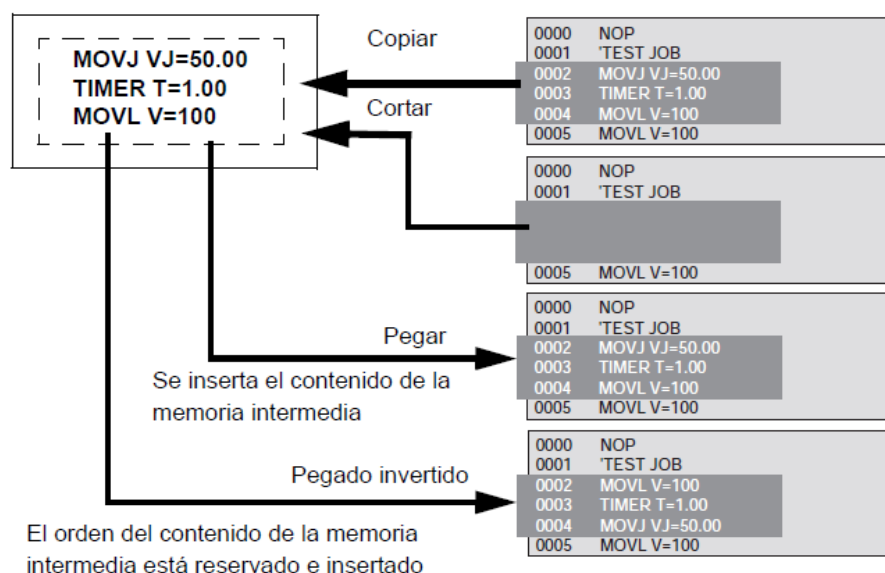
Esta instrucción se usa cuando el Robot depende de una señal externa para la ejecución del programa.

- En el área de instrucciones, INFORM LIST, IN/OUT y seleccionamos WAIT:
- Pulsamos SELECT y detallamos en IN#( ) el número de salidas, y en CONDITION escogemos entre ON y OFF.

## Edición de programas

Distinguimos 5 operaciones:

- Copiar: Copia un rango específico en la memoria intermedia
- Cortar: Copia un rango específico en la memoria intermedia y lo borra en un programa
- Pegar: Inserta el contenido de la memoria intermedia y lo inserta en un programa
- Pegado invertido: Invierte el orden del contenido de una memoria intermedia y lo inserta en un programa
- Pegado inverso básico: Invierte el orden del contenido de una memoria intermedia y ajusta las mismas velocidades hacia y desde, con la siguiente inserción en un programa.



Para seleccionar el rango, en la ventana JOB CONTENT, pulsamos SHIFT + ENTER y la línea inicial y movemos el cursor hasta la línea final.

Con el rango seleccionado podemos copiar o cortar pulsando EDIT y seleccionando COPY o CUT. Para pegar el rango en otro programa en ventana

JOB CONTENT movemos el cursor a la línea donde queremos introducirlo y pulsamos EDIT y seguido PASTE.

### Operaciones de prueba

En la ventana de JOB CONTENT y pulsando INTERLOCK y TEST START el programa se ejecuta en modo TEACH, para comprobar trayectorias e instrucciones de operación.

Difiere del modo PLAY en:

- Las velocidades de operación superiores a velocidad máxima de programación se reducen a la máxima velocidad de programación.
- El bloqueo de la maquina es la única operación especial disponible para la reproducción en el modo “play”.
- La salida de instrucción de trabajo, como la salida de arco no se ejecuta.

### **5.3. Programas**

En este apartado se desarrolla el programa principal y su subprograma en detalle, explicando cada línea e instrucción. Por último se explicará el procedimiento para calibrar una nueva referencia con el programa principal y la cámara de visión a través del programa In-Sight.

#### Programa principal

A continuación se detalla el programa principal. Los comentarios y explicaciones se identificaran en verde y entre ‘ ‘.

```
/JOB
//NAME REF_3
//POS
///NPOS 39,0,0,2,0,0
///TOOL 0
///POSTYPE PULSE
///PULSE
C00000=-111993,-25080,-3122,267,-97143,7952
C00001=-105836,20002,32966,802,-95115,4042
C00002=-111994,-25082,-3123,266,-97146,7960En
C00003=-107000,-27134,-2739,801,-99163,4622
C00004=-85613,-26688,-2525,1223,-99360,-6554
C00005=-67543,7397,-35609,1009,-44281,-13550
C00006=-67542,1662,-30440,888,-53317,-13425
C00007=-32595,5142,1030,-391,-79971,1982
C00008=-110605,-25311,807,731,-100944,6519
C00009=28961,10856,519,-209,-74231,6126
C00010=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00011=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00012=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00013=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00014=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00015=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
```



```
C00016=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00017=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00018=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00019=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00020=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00021=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00022=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00023=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00024=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00025=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00026=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00027=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00028=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00029=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00030=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00031=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00032=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00033=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00034=32921,41366,19668,-214,-68565,4141
C00035=32974,40692,25253,-175,-74065,4010
C00036=-40094,-4356,-11808,-299,-74575,11707
C00037=-109578,-26794,-2574,746,-99023,5933
C00038=-109572,-26793,-2577,747,-99032,5929
///POSTYPE ROBOT
///RECTAN
///RCONF 1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
P00000=0.000,0.000,-67.000,0.0000,0.0000,0.0000
P00110=-28.879,-36.400,0.000,0.0000,0.0000,0.0000
//INST
///DATE 2013/06/26 19:24
///COMM 7M01023652A0 POLIAMIDA
'Los programas los titulamos según la referencia trabajada'
///ATTR SC,RW
///GROUP1 RB1
'Todos los puntos C000** representan posiciones específicas del Robot según sus 6 articulaciones. El punto C00000 es el punto de inicio y desde el punto C00010 al punto C00034 representan las posiciones de los platos de la SILVER'
NOP 'Inicio del programa'
MOVJ C00000 'Posicionamos el Robot en origen'
DIN B017 OT#(15) 'Guardamos en B017 el tipo de ciclo: 1=normal / 0=descarga / variable OT#(15)'
WHILE I020>0 ORIF B017=1 'Mientras núm. de piezas en plato (I020) sea mayor de 0 o el ciclo=normal)
IF THEN I000<>1 'Bucle para asegurar el programa con la referencia seleccionada en Panel(1)'
MSG "PROGRAMA INCORRECTO: REF_1"
JUMP *FINALE
ENIF
DIN B014 OT#(16) 'B014=1 ir a HOME; B014=0 continuar el ciclo / variable OT#(16) HOME'
WHILE B014=1
DIN B014 OT#(16)
MOVJ C00001 'Mover a HOME'
ENDWHILE
DIN B017 OT#(15) 'Guardamos en B017 el tipo de ciclo: 1=normal / 0=descarga)'
MOVJ C00002 VJ=100.00
IF THEN B017=1 'Si el ciclo es el normal (carga y descarga)...'
CALL JOB: DETECTA PIEZA 'Rutina de detección de pieza en cinta'
MOVJ C00003 VJ=100.00
MOVJ C00004 VJ=100.00
```

```

SUB B013 B013      'B013: testigo= solo pasa a 1 cuando haya cogido pieza'
SUB B011 B011      'B011: testigo= contador de intentos de atrapamiento'
WHILE B13=0        'Mientras el testigo este a 0...'
    SFTON P110 UF#(1)
    SHCKSET RB1 SSL#(1)
    IFTHEN B011>0
        CALL JOB:DETECTA PIEZA  'Rutina de deteccion de pieza en cinta'
    ENDIF
    ADD B011 1          'Incrementa intentos'
    MOVJ C00005 VJ=100.00 'Se posiciona en la vertical de la pieza a coger'
    SETE P000 (3) -40000
    IMOV P000 V=300.0    'Baja 4cm'
    DOUT OT#(2) OFF      'OT#(1)=Pinza1;OT#(2)=Pinza2;ON:cierra;OFF:abre'
    TIMER T=0.10        'Espera el decimal de seg.'
    MOVJ C00006 VJ=100.00 'Sube'
    SHCKRST RB1
    SFTOF
    MOVJ C00007 VJ=100.00 'Va a posicion intermedia'
    IFTHEN IN#(1)=ON      'Chequea que haya pieza. IN#(1):pinza1;IN#(2):Pinza2'
        'Detector de pinza activado'
        ADD B013 1      'Si esta activado testigo a 1'
    ELSE                  'Sino'
        IFTHEN B011>5    'Si nº de intentos > que 5...'
            MOVJ C00008 VJ=100.00 'va a home y...'
            MSG "CAPTURA FALLIDA EN CINTA" 'saca el mensaje'
            JUMP *FINALE      'termina el programa'
        ENDIF
    ENDIF
ENDIF
ENDWHILE
ENDIF
IFTHEN B017=0      'En el caso de que el ciclo sea solo descarga...'
    DOUT OT#(2) ON  'abre pinza2'
ENDIF
MOVJ C00009 VJ=50.00 'El robot se posiciona a la espera de colocar la pieza'
WAIT IN#(4)=ON      'Espera a la señal de silver para poder entrar'
SHCKSET RB1 SSL#(1) 'Activa proteccion del Robot'
SUB B013 B013
SUB B011 B011
WHILE B013=0        'Mientras el testigo este a 0'
    IFTHEN B011>0
        DOUT OT#(1) ON
    ENDIF
    ADD B011 1      'Incrementa intentos'
    SWITCH I015 CASE 1 'I015: estacion en la que el Robot coloca la pieza'
        MOVJ C00010 VJ=50.00 'Posicion para estacion 1'
    CASE 2
        MOVJ C00011 VJ=50.00 'Posicion para estacion 2'
    CASE 3
        MOVJ C00012 VJ=50.00
    CASE 4
        MOVJ C00013 VJ=50.00
    CASE 5
        MOVJ C00014 VJ=50.00
    CASE 6
        MOVJ C00015 VJ=50.00
    CASE 7
        MOVJ C00016 VJ=50.00
    CASE 8
        MOVJ C00017 VJ=50.00
    CASE 9

```

```

MOVJ C00018 VJ=50.00
CASE 10
MOVJ C00019 VJ=50.00
CASE 11
MOVJ C00020 VJ=50.00
CASE 12
MOVJ C00021 VJ=50.00
CASE 13
MOVJ C00022 VJ=50.00
CASE 14
MOVJ C00023 VJ=50.00
CASE 15
MOVJ C00024 VJ=50.00
CASE 16
MOVJ C00025 VJ=50.00
CASE 17
MOVJ C00026 VJ=50.00
CASE 18
MOVJ C00027 VJ=50.00
CASE 19
MOVJ C00028 VJ=50.00
CASE 20
MOVJ C00029 VJ=50.00
CASE 21
MOVJ C00030 VJ=50.00
CASE 22
MOVJ C00031 VJ=50.00
CASE 23
MOVJ C00032 VJ=50.00
CASE 24
MOVJ C00033 VJ=50.00
DEFAULT
MOVJ C00034 VJ=50.00
ENDSWITCH
SETE P000 (3) -71500
IMOV P000 V=150.00 'Baja a colocar'
TIMER T=0.10 'Espera una decima'
DOUT OT#(2) ON 'Abre pinza 2 para dejar pieza sin pintar'
DOUT OT#(1) OFF 'Cierra pinza 1 para agarrar la pieza pintada'
TIMER T=0.20 'Espera dos decimas'
IFTHEN B017=1 ANDIF B011=1 'Si el ciclo es el normal y intentos=1'
ADD I020 1
ENDIF
MOVJ C00035 VJ=100.00 'Sube verticalmente'
IFTHEN 020<24 'Si el plato no esta lleno de piezas'
SET B013 1 'Testigo =1'
ENDIF
IFTHEN IN#(2)=ON 'Si el detector de pinza1 esta activado...'
ADD B013 1 'Testigo=1'
SUB I020 1 'Resta pieza de plato'
ENDIF
IFTHEN B011>5 ANDIF IN#(2)=OFF 'Si nº de intentos > que 5 va a HOME y
Termina el progama'
MOVJ C00036 VJ=100.00
MOVJ C00037 VJ=100.00
MSG "CAPTURA FALLIDA EN PLATO"
JUMP *FINALE
ENDIF
ENDWHILE
SHCKRST RB1

```



```
MOVJ C00038 VJ=100.00
MOVJ C00039 VJ=100.00
PULSE OT#(8) T=1.00
IFTHEN I015<24
    ADD I015 1
ELSE
    SET I015 1
ENDIF
DOUT OT#(1) ON
TIMER T=0.01
ENDWHILE
*FINALE
END
```

'Posicion intermedia'  
'HOME'  
'Manda pulso a Svlver para poder mover plato'  
'I015 estacion de trabajo'  
'Incrementa estacion'  
'Si la anterior estacion es la 24 I015 sera la 1'  
'Abre pinza1 para dejar pieza sobre rampa'

### Programa de detección de pieza en cinta

A continuación se enuncia el programa DETECTA\_PIEZA llamado por el programa principal para la detección de piezas en la cinta.

```
/JOB
//NAME DETECTA_PIEZA
//POS
///NPOS 0,0,0,0,0,0
//INST
///COMM CAMARA VISION
///ATTR SC,RW
///GROUP1 RB1
NOP
*DETECTA
VSTART FIND FT=1 MD=1 VF#(1)
VWAIT
IFTHEN B090=0
    PULSE OT#(4) T=0.60
    TIMER T=0.80
    JUMP *DETECTA
ENDIF
DOUT OT#(2) ON
END
```

Este subprograma se encarga de disparar las fotos sobre la cinta para identificar la posición y la geometría de las piezas.

Junto con estos dos programas introducidos en el DX100 y el ajuste de la escala y dimensiones de la referencia en cuestión en la cámara de visión, podemos trabajar en ciclo normal de carga y descarga. A continuación una breve explicación acerca del programa In Sight mediante el cual programamos las dimensiones de una nueva referencia para poder ser identificada por DETECTA\_PIEZA.

### Sistema de visión In-Sight

Los programas descritos en el apartado anterior son comunes para todas las referencias pintadas con la célula robótica. Sin embargo es necesario introducir y calibrar de alguna manera las dimensiones de las distintas referencias para que los programas principal y detecta\_pieza las identifiquen. Este proceso se

realiza mediante el programa In-Sight instalado en un portátil conectado por cable a la cámara de visión.

Para calibrar una nueva referencia ejecutamos el programa In-Sight y seleccionamos la opción “desconexión de línea”. Configuramos la pantalla principal para visionar la cinta sobre una hoja de cálculo. Disparamos una foto para empezar a calibrar la escala. Modificamos también la nitidez hasta que veamos correctamente la pieza en la foto disparada. Una vez hecho, centramos la pieza patrón en el sistema de coordenadas del programa y ejecutamos para guardar el patrón de la referencia en cuestión. A continuación colocamos varias piezas sobre la cinta y volvemos a hacer una foto para comprobar que el sistema reconoce la pieza patrón y selecciona todas las piezas dentro del espectro de la cámara de visión. Cuando hemos verificado este paso guardamos como REF\_ o el nombre de la referencia en cuestión.

Con el mando DX100, copiamos el programa principal y lo pegamos cambiando el nombre según la referencia que este siendo programada. El programa DETECTA\_PIEZA se encargará de lanzar la foto y relacionar la geometría con el patrón que acabamos de establecer con In-Sight.

**Por último, queda ajustar el punto de inicio del programa ya que la profundidad y el diámetro de las piezas no son iguales para todas las referencias.**

## 6. PROCEDIMIENTOS

Vamos a proceder a detallar todos los procedimientos y tareas que son llevadas a cabo dentro de la planta de Trelleborg Cascante para el encolado de las diferentes referencias en la célula robotizada.

Destacamos tres pasos principales: aprovisionamiento de material en el puesto de trabajo; procedimiento de encolado o pintado (paso principal); recogida de producto terminado y almacenaje. El primer y tercer paso es llevado a cabo por el polivalente que mediante una cabeza tractora suministra materia prima a todos los puestos de trabajo desde el almacén. El segundo y principal paso, es llevado a cabo por el operario de turno y en caso de cambios de referencia o limpieza de maquina por el ajustador.

Destacaremos también 3 subprocesos que también son importantes a la hora pintar correctamente cada referencia: Limpieza de maquina; Limpieza de útiles; Ajuste de pistolas.

### 6.1. Aprovisionamiento de materia prima

El polivalente se encarga de recoger la materia prima de almacén y colocarla debidamente en los carros de la cabeza tractora como se observa en la figura.



El polivalente saca a producción, en ciclos de una hora, únicamente la cantidad de materia prima y embalaje vacío para producto terminado necesario, que indiquen los talones de etiqueta de cada referencia.

De esta manera se consigue que haya materia prima y embalaje vacío en cada puesto de trabajo para dos horas de producción. Estos talones de etiqueta los

deposita el operario en un buzón, habilitado en cada puesto de trabajo para ello, cada vez que empiece un nuevo cajón de materia prima.

Descripción	Cantidad	Nº Referencia	Proveedor
34min 3=>KTP// (	700	5MEC41033AA0	000002065
Punto de Descarga	Peso	Ubicación	ALMACEN
	105	IN TRANSIT	400
Nº Lote	Clave	Nº Etiqueta (G)	
41537		1021453494	
Nº Referencia			
5MEC41033AA0			

Componentes	Nº Etique
5MEC470150A0	
84min 2x4 KLT4320 // UB0 INT. MEC	
5N0000G12BA0	
PRIMER MEZCLA CHEMOSIL + 211MIBK	
5N00000E42A0	



Así pues ya tenemos en nuestro puesto de trabajo la materia prima con la que trabajará la célula.

## 6.2. Pintado en Silver con robot

*La tarea de arranque de máquina y ajuste corre a cargo del encargado o ajustador del turno.*

1. Se arranca el sistema de aspiración y de los calentadores y se selecciona el tipo de pintura que se quiere aplicar según la ficha técnica de la referencia.
2. Programar la temperatura según los parámetros de la ficha técnica.
3. Comprobar que la maquina se encuentra en condiciones para iniciar la producción (seguridades, limpieza, filtros)
4. Comprobar que tenemos el numero de pistolas necesario para pintar la pieza tal y como se define en la ficha técnica.
5. Comprobaremos que en la ficha técnica están indicados los útiles que se deben utilizar para pintar la pieza.
6. Anotar en el parte de trabajo la trazabilidad de los componentes



7. Con los insertos se harán los ensayos de mojabilidad y tensión superficial. Con las primeras piezas producidas se harán los ensayos de rayado y espesores. Anotar los resultados en el parte de trabajo.
8. Al final del turno se deberán repetir los ensayos anotando los resultados en el parte de trabajo.
9. Cada vez que se limpie la máquina o que se realicen operaciones en el puesto de trabajo diferentes al pintado los contenedores de producto acabado deberán estar tapados para evitar contaminación o piezas sin pintar.
  - a. Al arranque después de cada parada, los útiles deberán estar colocados en sus posiciones. Con el programa del robot cargar las 24 estaciones.
  - b. Desplazarse a la zona del gris a ajustar las pistolas.
  - c. Desplazarse a la zona de negro y ajustar las pistolas cuando llegue la primera pieza pintada de gris.
  - d. Desplazarse a la zona de carga y retirar 24 piezas a una caja diferentes para revisar.
10. Buscar los útiles que corresponden a la pieza a pintar.
11. Colocarlos en las 24 estaciones de la maquina comprobando que estén limpios y que giren en la zona de pintado. Cargar de piezas la cinta transportadora dejando sitio entre líneas para las pinzas del robot.
12. Con la consola del robot seleccionar la referencia con la que se ha de trabajar. Con programa de carga, el robot colocará 24 piezas en los 24 útiles.
13. En la zona de gris, colocar los soportes de pistolas (set-up). Montar las pistolas en el enganche rápido. Ajustar presión, abanico y pulverización según F.T. Ajustar con el número de piezas necesario.
14. En la zona de negro, colocar los soportes de pistolas (set-up). Montar las pistolas en el enganche rápido. Ajustar presión, abanico y pulverización según F.T. Ajustar con el número de piezas necesario.





15. Cuando tenemos la primera pieza buena, hay que fijarse en el número colocado en la base.
16. En la zona de evacuación del robot, colocar una caja y retirar las piezas anteriores a la primera buena. Un número mínimo de 24 piezas se controlaran por el operario. Si son buenas, se dará por finalizado el arranque.
17. Se reseteará el contador y podremos comenzar a trabajar.

*El resto de pasos son llevados a cabo por el operario.*

18. Aprovisionarse de una caja de materia prima anotando en el parte de trabajo el numero de etiqueta.
19. La cintra transportadora deberá siempre tener piezas para que el robot no pare y con ello no pare la maquina.



20. La cantidad de piezas por caja se programa en el autómata de máquina de acuerdo a la F.T. Cuando el contenedor este lleno, la maquina se para y sale el aviso “caja llena”. Cambiar la caja o contenedor y pulsar el botón puesta en marcha.
21. Al inicio de la producción comprobar que las pistolas del primer (gris) y cover (negro) pintan correctamente.
22. Cada parada de la maquina, por cualquier motivo, hay que hacer una purga tanto del primer como del cover.
23. En cada cambio de caja hay que desplazarse a la zona de pintado gris para comprobar que el Spray de gris no se ha obstruido y sigue pintando correctamente.
24. Posicionar la tapa sobre la caja llena y colocarle la etiqueta identificativa.



25. Al final de la producción, seleccionaremos el programa de descarga automática. El robot descargará piezas sin aprovisionar.

26. Estaremos pendientes de cuando tenemos que cerrar el selector de pintura gris y pintura negra.

**A continuación se detallaran las operaciones más concretas de la célula robotizada.**

#### A. Arranque

##### Situación inicial:

- Robot en HOME (*anexo 1*)
- Plato vacío (sin útiles)

##### Abrir puerta:

Indispensable (Robot en HOME => Luz verde en el cuadro de mando del robot)

- Girar la llave de acceso a la zona del robot (en el cuadro de mando del robot)
- Abrir el pestillo de la puerta de acceso (que estará encendido en verde)
- Desbloquear la fijación al suelo

##### Coger llave de Silver:

- Cambiar las pinzas del robot si fuera necesario
- Colocar el utillaje en el plato (24 útiles)



### Cerrar puerta:

- Bloquear la puerta con fijación al suelo.
- Cerrar el pestillo de la puerta.
- Girar la llave de acceso a la zona del robot. (en el cuadro del mando del robot)

### Colocar llave de Silver en cuadro de control de pistolas de Gris.

### Cargar el programa desde la consola:

El selector debe estar en Teach:

- Panel:
  - o Numero de referencia: \*
  - o Tipo de ciclo: (1) CICLO
  - o Cantidad de piezas: 0
  - o Estación de plato: La que corresponda.
- Programa => Selección de programa => Seleccionar PRINCIPAL
- Selector a PLAY
- Activar SERVOS
- Pulsar START

El programa PRINCIPAL se ejecutará. Poner piezas en la cinta. (Anexo 2)

Tan pronto se detecte una pieza por medio de la cámara esta será cogida por el robot con la pinza 2 y se quedará en espera próxima al plato para posicionarla.

### Cargar piezas a útiles

Importante: Asegurarse de la posición de los selectores gris/negro del cuadro de control de la SILVER.

- Con el bi-manual de la zona del gris mover el plato: El robot cargará la pieza en el útil y acto seguido cogerá otra pieza de la cinta quedándose con esta en una posición próxima al plato a la espera de un nuevo giro de plato.
- Repetir el punto anterior hasta tener las piezas en la primera pistola del gris.
- Abrir pintura de gris y ajustar las pistolas.
- Una vez ajustadas las pistolas de gris, cambiar la llave a la zona del negro y repetir las mismas operaciones que con el gris hasta ajustar las pistolas de negro.
- Marcar la 1ª pieza buena
- Continuar cargando piezas con el bi-manual hasta tener las condiciones para trabajar en ciclo (2) (ver anexo 3)

B. Pintado con carga y descarga en automático

- Coger llave de la Silver y colocarla en cuadro de mando de la Silver.
- Posicionar robot en posición HOME.
- Consola: Menú => Ciclo de carga/descarga: (2)
- Colocar caja con piezas “no ok” en la salida de piezas del robot.
- Cargar programa: REF\_\*
- Posicionar llave de consola en PLAY.
  - o Rearmar SERVOS
  - o Pulsar START (El robot cogerá la pieza de la cinta y se posicionará próxima al plato)
- Pulsar Automatico/Manual del cuadro de control de la Silver. El plato girará, el robot posicionará la pieza en el utillaje vacío con la pinza 2 y cogerá la pieza pintada con la pinza 1 que será depositada en la rampa de salida. Este ciclo se repetirá continuamente.
- En el momento en que coja la primera pieza buena pulsar HOLD (consola) ; esto hace que el robot se detenga.
- Retirar caja de piezas “no ok”
- Colocar embalaje de producto terminado a la salida de la rampa.
- Poner a 0 el contador de piezas de Silver.
- Pulsar “START”. El ciclo continuará.

C. Descarga de piezas del plato

- Selector de consola: “TEACH”
- Posicionar robot en HOME y plato de SILVER en las condiciones de carga/descarga.
- En consola: Panel: Ciclo de carga/descarga: (3)
- Selector de consola: PLAY
  - o Rearmar SERVOS
  - o Pulsar START

## ANEXO 1

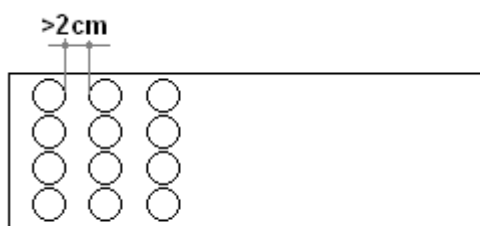
### *¿Cómo posicionar el robot en posición HOME?*

- *Selector en Teach*
- *Visualizar el programa “CargaPiezas” en pantalla.*
- *Si las piezas están en contacto con alguna zona del utillaje:*
  - *Botón de la parte trasera de la consola +Botón “+Z” (mover en vertical hacia arriba) hasta liberar las pinzas. (si fuera necesario abrir o cerrar las pinzas)*
- *Si el brazo esta en zona de plato:*
  - *Posicionarse en la línea 122 del programa y pulsar:*
    - *Botón trasero +”FDW”: mantener pulsado hasta que haga todo el recorrido.*
  - *Posicionarse en línea 124 del programa y pulsar:*
    - *Botón trasero +”FDW”: mantener pulsado hasta que haga todo el recorrido => HOME*

### *¿Continuar la producción después de una colisión/incidente?*

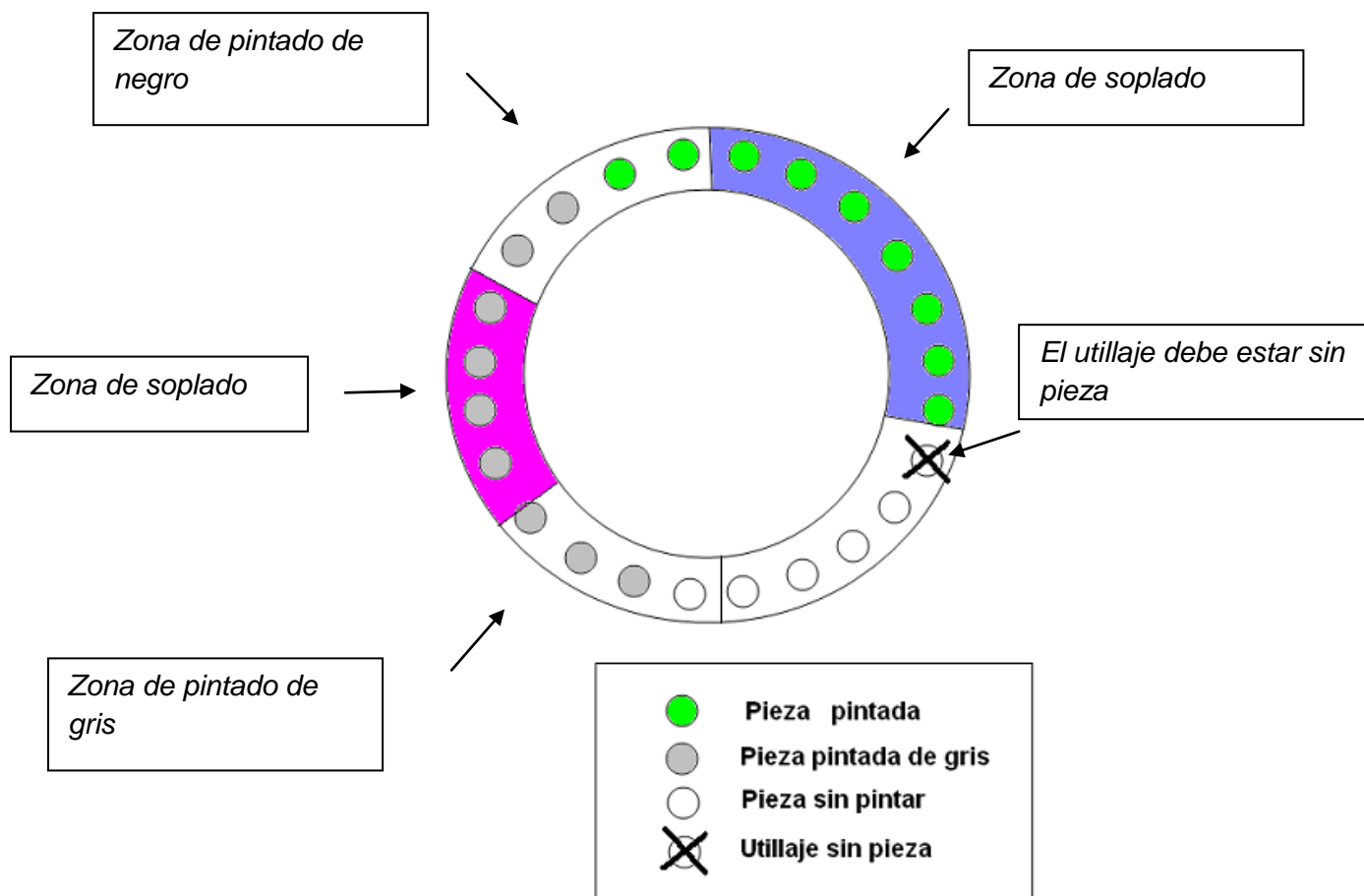
- *Posicionar en HOME.*
- *En plato de SILVER colocar las piezas según el anexo 3*
- *Posicionar la llave de la consola en PLAY:*
  - *Rearmar SERVOS*
  - *Pulsar START (El robot cogerá pieza de cinta y se posicionará próxima al plato)*
- *Pulsar Automatico/Manual del cuadro de control de la Silver.*

## ANEXO 2

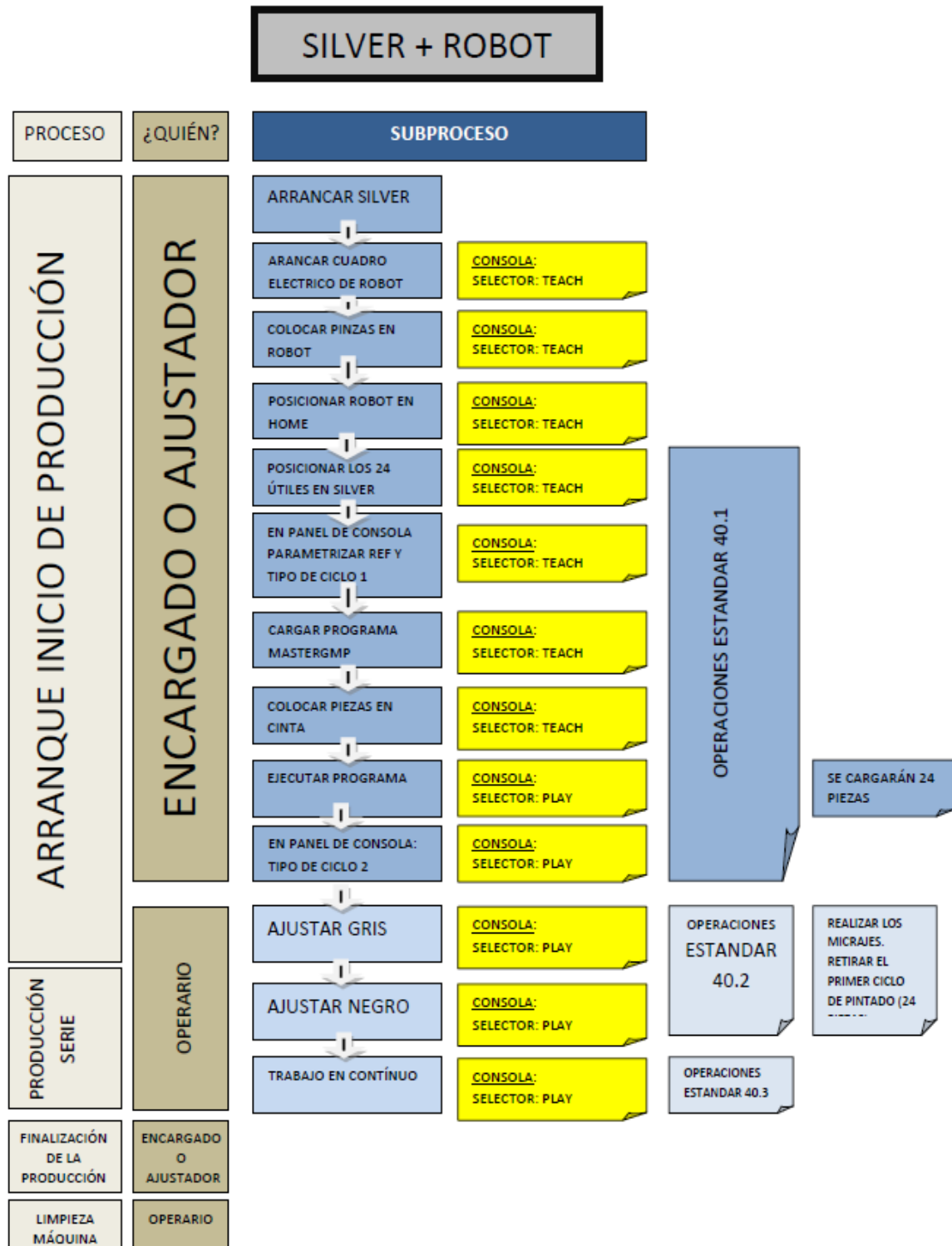


## ANEXO 3

### Condiciones iniciales para trabajar en ciclo (2)



A continuación se puede observar el diagrama de flujo del proceso de encolado con célula robotizada.



### 6.3. Recogida de producto terminado y almacenaje

Una vez lleno el embalaje de producto terminado, se retirará de la rampa de salida y se quedará preparado para recoger por el polivalente en el ciclo correspondiente de suministro y recogida.

El polivalente recogerá el producto acabado y el embalaje vacío de materia prima, así como los talones de etiqueta para saber el tipo y la cantidad de materia prima que tendrá que sacar en el próximo viaje.

En la zona picking, zona de salida y llegada del milk-run interno, (la que se indica en la fotografía siguiente) el polivalente desmontará todos los carros de la cabeza tractora y colocará los pallets o KTP (cajas de plástico) de producto terminado en almacén.





## 6.2. Subprocesos

Clasificamos como subprocesos aquellos que no se realizan durante la producción en serie pero tienen una importancia relevante a la hora del funcionamiento del proceso de encolado. Son: la limpieza de máquina, limpieza de útiles y ajuste de pistolas de pintado.

### 6.2.1. Limpieza de maquina

En primer lugar se comprobará que la maquina esta parada. En segundo lugar el operario acondiciona el puesto trabajo y se prepara todos los EPIs necesarios para empezar con la limpieza.

Tercer paso: Se retiran los filtros del cubo del motor de aspiración para limpiarlos y una vez retirados se limpia el conducto de aspiración mediante un palo cilíndrico. Después se limpia el cubo de los filtros superiores.



Cuarto paso: Se procede a la limpieza de la unidad de calentamiento, bajando los rombos que contienen los filtros al suelo para limpiarlos y a su vez poder limpiar las bajantes de calentamiento.





Quinto paso: Limpiaremos el techo de la Silver, una vez montados los conos y limpiado los conductos que van del calentador a los conos.

Sexto paso: Limpiamos la zona de pintado de gris, retirando el polvo acumulado por la limpieza de las partes anteriores y rascando las paredes del centro de la maquina con una espátula y un martillo neumático.



Octavo paso: Procedemos a la limpieza del plato y sus 24 estaciones mediante un pistolete.



Noveno paso: Limpieza de contorno de plato abriendo todas las puertas laterales con una llave Allen de 8mm y aspirando.

Décimo paso: Limpiamos la parte inferior de la máquina de la misma manera que en el paso anterior, abriendo puertas con llave Allen y aspirando.

Undécimo paso: Engrasamos y pintamos con pintura pelable todas las zonas susceptibles de que se pose pintura. De esta manera favoreceremos su mejor limpieza posteriormente.

**En todos los turnos la Silver se limpia por el operario que haya estado trabajando en dicho puesto de trabajo, sin embargo algunos de los pasos anteriores solo se llevan a cabo durante las limpiezas exhaustivas que se realizan todos los viernes.**

### 6.2.2. Limpieza de útiles

Cada vez que se cambia de referencia en el puesto de trabajo el ajustador/encargado/operario, almacena los útiles que se han utilizado en una estantería y se identifican como útiles sucios. El operario externo de limpieza de útiles realiza el mantenimiento preventivo y su limpieza y se almacena identificándolo como útil limpio. El mantenimiento preventivo consiste en:

- Resinar con el sellador de poros
- Revisar el útil. En caso de encontrarse un daño anormal avisar inmediatamente al jefe de taller para que evalúe el fallo y si es necesario revisar producciones anteriores se avisará al departamento de calidad.

A la hora de almacenar los útiles en la estantería correspondiente existe una cartulina imantada que identifica el estado del útil de la siguiente manera:

ÚTIL LIMPIO	VERDE	
ÚTIL SUCIO	AMARILLO	
ÚTIL PARA REPARAR	ROJO	

### 6.2.3. Ajuste de pistolas

Cada cambio de referencia es necesario ajustar el ángulo de pintado, abanico y zona de cada pistola de negro y gris. Gracias a un taller de mejora de procesos, en el que se aplicó la metodología SMED, se diseñó una herramienta de amarre rápido para las pistolas de pintado, para mejorar el tiempo de cambio de referencia

Esta herramienta es un útil específico para cada referencia con el que ajustamos las pistolas de encolado rápidamente y sustituimos el proceso manual mucho más costoso. A continuación una imagen de la herramienta mencionada.



En la siguiente imagen podemos ver la herramienta ya colocada en máquina, con la pistola ajustada y preparada para el proceso de encolado.



## 7. PRESUPUESTO

A continuación se detalla el presupuesto de la implantación de la célula y los plazos de ejecución:

1) Robot Yaskawa MOTOMAN MH5/DX100:	21.266 €
2) Cinta transportadora:	2.915 €
3) Sistema de visión Cognex	
a) Cámara Cognex	
b) Sistema Iluminación Leds	
c) Soportes	
d) Accesorios	
e) Programación (5 referencias)	9.390 €
4) Vallado y estructura soporte Robot	2.127 €
5) Material eléctrico:	
a) Protecciones Eléctricas	
b) Elementos automatización Cinta transporte	
c) Relés Maniobra	
d) Botoneras	
e) Modulo Seguridad PNOZ Multi	
f) Cierres de seguridad puertas	
g) Cableado Cerramiento y botoneras	
h) Accesorios	3.500 €
6) Herramienta Robot con sistema intercambiable de puntas pinzas (5 juegos)	2.629 €
7) Planos, eléctrico, cerramientos y neumático	900 €
8) Montaje mecánico y eléctrico	3.000 €
9) Programación Seguridades	300 €
10) Programación Robot (5 referencias)	4.500 €
11) Formación y seguimiento producción	900 €
12) Proyecto seguridad, declaración conformidad, etc	1.500 €

**Total: 52.927 €**

Plazo de ejecución total: 9 semanas

## 8. CONCLUSIONES

Actualmente la aplicación que se describe en el proyecto está al 100% operativa. Las primeras semanas tras la implantación, el funcionamiento de la célula no fue el esperado, pero tras un periodo que podemos considerar de adaptación su funcionamiento se ha optimizado y hoy en día se consiguen ahorros importantes mes a mes.

Desde la implantación del sistema y puesta en funcionamiento, se comenzó a estudiar la posibilidad de introducir una segunda célula de la que se encargaría el mismo operario que aprovisiona la cinta de la primera célula. Hoy en día esta segunda célula es ya una realidad y mejoramos todavía más la eficiencia del proceso, ya que ocupamos el tiempo completo del operario, al no ser necesario ocuparlo en diferentes tareas en las que no se aprovechaba completamente el tiempo ganado con la primera célula.

### 8.1. Mejoras alcanzadas en eficiencia de proceso

El ahorro de mano de obra era uno de los objetivos más importantes de este proyecto. Como ya he comentado, en un principio el ahorro no fue el esperado, pero tras un periodo de adaptación y optimización, hemos conseguido ahorrar un valioso tiempo al operario encargado de la célula.

En las siguientes tres tablas se representa el porcentaje de mejora, y por lo tanto el ahorro, conseguido tras la implantación en tres meses diferentes. Destacamos el progreso en forma de ahorro que se puede visualizar en las tablas mes a mes.

La primera columna representa el día de trabajo; la segunda columna la referencia trabajada; en la tercera columna encontramos la cantidad de piezas producidas; en la cuarta columna se representa el porcentaje de mejora calculándolo a partir de las horas estándar que tenemos introducidas en el sistema SAP dividida entre las horas reales que ha ocupado al operario producir todas las piezas. Estos datos los encontramos en SAP, archivados según los partes de trabajo de cada operario y los trasladamos a una hoja de cálculo a través de la transacción ZPROD; La cuarta y quinta columna representan las horas reales que le ha costado al operario realmente y el tiempo estándar que le hubiera costado sin la célula de carga y descarga, respectivamente; la última columna representa el ahorro conseguido y lo calculamos multiplicando la diferencia de tiempos por 19 € (coste actual del operario por hora).

En las tablas adjuntas se omiten datos como el nombre y apellidos del operario, el turno, el nº de operario y el puesto de trabajo en cuestión, que en este caso

es siempre el mismo (exceptuando la última tabla en la que ya se encuentran ambas células trabajando conjuntamente).

### Tabla de Junio 2013 => Ahorro total 821.94 €

Fecha	Referencia	Cantidad	% Mejora	Horas reales	Horas Estándar	Ahorro
03/06/2013	7B3G20512AA0	3.903	17%	4,5	5,28	14,82 €
04/06/2013	7B3G20512AA0	3.702	33%	3,75	5	23,75 €
05/06/2013	7B3G20512AA0	2.237	21%	2,5	3,02	9,88 €
06/06/2013	7B3G20512AA0	5.126	16%	6	6,93	17,67 €
06/06/2013	7B3G20512AA0	897	21%	1	1,21	3,99 €
06/06/2013	7B3G20512AA0	740	11%	0,9	1	1,90 €
07/06/2013	7B3G20512AA0	1.584	43%	1,5	2,14	12,16 €
08/06/2013	7B3G20512AA0	1.986	28%	2,1	2,68	11,02 €
10/06/2013	7N40030321A0	3.533	13%	5,22	5,89	12,73 €
10/06/2013	7N40030321A0	2.440	37%	2,97	4,07	20,90 €
11/06/2013	7B3G20512AA0	4.070	28%	4,3	5,5	22,80 €
11/06/2013	7B3G20512AA0	5.390	39%	5,25	7,29	38,76 €
12/06/2013	7B3G20512AA0	2.620	31%	2,7	3,54	15,96 €
12/06/2013	7B3G20512AA0	5.550	27%	5,9	7,5	30,40 €
12/06/2013	7B3G20512AA0	3.660	24%	4	4,95	18,05 €
13/06/2013	7B3G20512AA0	2.282	42%	2,17	3,08	17,29 €
14/06/2013	7B3G20512AA0	5.301	46%	4,9	7,17	43,13 €
14/06/2013	7B3G20512AA0	3.755	34%	3,8	5,08	24,32 €
14/06/2013	7B3G20512AA0	3.575	29%	3,74	4,83	20,71 €
17/06/2013	7MG2023117A0	2.403	32%	2,35	3,1	14,25 €
18/06/2013	7MG2023117A0	2.476	19%	2,67	3,19	9,88 €
18/06/2013	7N40030321A0	4.000	30%	5,15	6,67	28,88 €
19/06/2013	7N40030321A0	4.040	46%	4,61	6,73	40,28 €
20/06/2013	7B3G20512AA0	5.550	50%	5	7,5	47,50 €
20/06/2013	7N40030321A0	910	49%	1,02	1,52	9,50 €
20/06/2013	7B3G20512AA0	5.550	50%	5	7,5	47,50 €
21/06/2013	7B3G20512AA0	5.550	11%	6,78	7,5	13,68 €
22/06/2013	7B3G20512AA0	3.861	45%	3,6	5,22	30,78 €
24/06/2013	7MG2023117A0	3.595	48%	3,12	4,63	28,69 €
24/06/2013	7MG2023117A0	781	44%	0,7	1,01	5,89 €
24/06/2013	7MG2023117A0	3.570	9%	4,21	4,6	7,41 €
25/06/2013	7N40030321A0	4.050	27%	5,33	6,75	26,98 €
25/06/2013	7MG2023117A0	2.790	30%	2,77	3,59	15,58 €
26/06/2013	7M01023552A0	5.625	21%	5,41	6,56	21,85 €
26/06/2013	7M01023552A0	4.275	19%	4,21	4,99	14,82 €
26/06/2013	7M01023552A0	3.805	39%	3,2	4,44	23,56 €
27/06/2013	7M01023552A0	5.915	30%	5,3	6,9	30,40 €
28/06/2013	7M01023552A0	5.205	11%	5,45	6,07	11,78 €



28/06/2013	7M01023652A0	3.790	34%	3,3	4,42	21,28 €
29/06/2013	7B3G20512AA0	1.469	42%	1,4	1,99	11,21 €
						821,94 €

**Tabla Septiembre 2013 => Ahorro total 1607.97 €**

Día	Material	Cantidad	% Mejora	Horas Reales	Horas Estándar	Ahorro
02/09/2013	7N40030321A0	3.920	31%	5	6,53	29,07 €
02/09/2013	7MG2023117A0	3.385	25%	3,5	4,36	16,34 €
02/09/2013	7N40030321A0	2.870	37%	3,5	4,78	24,32 €
03/09/2013	7MG2023117A0	2.935	8%	3,5	3,78	5,32 €
03/09/2013	7N40030321A0	4.148	47%	4,7	6,91	41,99 €
04/09/2013	7B3G20512AA0	3.565	38%	3,5	4,82	25,08 €
04/09/2013	7M01023652A0	3.420	25%	3,2	3,99	15,01 €
04/09/2013	7M01023652A0	2.798	45%	2,25	3,26	19,19 €
04/09/2013	7MG2023117A0	479	24%	0,5	0,62	2,28 €
04/09/2013	7M01023652A0	2.908	21%	2,8	3,39	11,21 €
04/09/2013	7MG2023117A0	2.310	32%	2,25	2,98	13,87 €
05/09/2013	7M01023652A0	4.530	41%	3,75	5,29	29,26 €
05/09/2013	7B3G20512AA0	4.925	26%	5,3	6,66	25,84 €
05/09/2013	7M01023552A0	4.775	49%	3,75	5,57	34,58 €
05/09/2013	7B3G20512AA0	4.150	50%	3,75	5,61	35,34 €
05/09/2013	7B3G20512AA0	4.969	32%	5,1	6,72	30,78 €
05/09/2013	7M01023652A0	2.250	50%	1,75	2,63	16,72 €
05/09/2013	7M01023552A0	2.564	30%	2,3	2,99	13,11 €
09/09/2013	7M01023452A0	2.005	16%	2,02	2,34	6,08 €
09/09/2013	7M01023452A0	2.890	50%	2,25	3,37	21,28 €
10/09/2013	7N40030321A0	2.935	22%	4,02	4,89	16,53 €
10/09/2013	7M01023452A0	2.995	25%	2,8	3,49	13,11 €
10/09/2013	7N40030321A0	2.189	46%	2,5	3,65	21,85 €
11/09/2013	7M01023652A0	2.550	32%	2,25	2,98	13,87 €
11/09/2013	7MG2023117A0	3.300	42%	3	4,25	23,75 €
11/09/2013	7N40030321A0	2.612	14%	3,8	4,35	10,45 €
11/09/2013	7MG2023117A0	2.416	24%	2,5	3,11	11,59 €
11/09/2013	7M01023652A0	2.463	32%	2,17	2,87	13,30 €
11/09/2013	7B3G20512AA0	2.677	48%	2,44	3,62	22,42 €
12/09/2013	7B3G20512AA0	3.808	10%	4,67	5,15	9,12 €
12/09/2013	7M01023652A0	3.837	42%	3,15	4,48	25,27 €
12/09/2013	7B3G20512AA0	4.700	37%	4,64	6,35	32,49 €
12/09/2013	7M01023652A0	3.150	18%	3,13	3,68	10,45 €
12/09/2013	7B3G20512AA0	3.808	36%	3,8	5,15	25,65 €
12/09/2013	7M01023652A0	3.837	28%	3,5	4,48	18,62 €
12/09/2013	7B3G20512AA0	3.000	31%	3,1	4,06	18,24 €
12/09/2013	7M01023552A0	2.370	23%	2,25	2,77	9,88 €
13/09/2013	7M01023552A0	3.260	36%	2,8	3,8	19,00 €



16/09/2013	7N40030321A0	401	34%	0,5	0,67	3,23 €
16/09/2013	7N40030321A0	2.130	36%	2,61	3,55	17,86 €
16/09/2013	7M01023552A0	940	33%	0,83	1,1	5,13 €
17/09/2013	7N40030321A0	2.429	31%	3,1	4,05	18,05 €
17/09/2013	7B3G20512AA0	4.840	33%	4,91	6,54	30,97 €
17/09/2013	7M01023552A0	4.152	49%	3,25	4,84	30,21 €
17/09/2013	7N40030321A0	2.240	16%	3,21	3,73	9,88 €
18/09/2013	7B3G20512AA0	4.802	46%	4,45	6,49	38,76 €
18/09/2013	7B3G20512AA0	2.566	49%	2,33	3,47	21,66 €
18/09/2013	7MG2023117A0	3.675	43%	3,3	4,73	27,17 €
19/09/2013	7B3G20512AA0	5.168	43%	4,9	6,99	39,71 €
19/09/2013	7B3G20512AA0	2.682	46%	2,49	3,63	21,66 €
19/09/2013	7MG2023117A0	2.186	25%	2,25	2,82	10,83 €
23/09/2013	7B3G20512AA0	3.260	26%	3,51	4,41	17,10 €
23/09/2013	7M01023652A0	2.465	8%	2,67	2,88	3,99 €
23/09/2013	7B3G20512AA0	2.638	25%	2,86	3,57	13,49 €
23/09/2013	7M01023652A0	2.328	35%	2,02	2,72	13,30 €
24/09/2013	7N40030321A0	2.305	28%	3	3,84	15,96 €
24/09/2013	7B3G20512AA0	4.390	43%	4,14	5,93	34,01 €
24/09/2013	7M01023552A0	1.525	37%	1,3	1,78	9,12 €
24/09/2013	7N40030321A0	977	3%	1,58	1,63	0,95 €
24/09/2013	7B3G20512AA0	3.445	50%	3,1	4,66	29,64 €
24/09/2013	7B3G20512AA0	525	42%	0,5	0,71	3,99 €
24/09/2013	7N40030321A0	2.408	34%	3	4,01	19,19 €
24/09/2013	7B3G20512AA0	2.911	31%	3	3,93	17,67 €
25/09/2013	7N40030321A0	1.376	40%	1,64	2,29	12,35 €
25/09/2013	7N40030321A0	1.200	33%	1,5	2	9,50 €
25/09/2013	7B3G20512AA0	1.888	29%	1,98	2,55	10,83 €
25/09/2013	7N40030321A0	3.810	27%	5	6,35	25,65 €
25/09/2013	7MG2023117A0	3.790	36%	3,58	4,88	24,70 €
25/09/2013	7MG2023117A0	4.600	38%	4,3	5,93	30,97 €
26/09/2013	7M01023552A0	2.293	33%	2,02	2,68	12,54 €
26/09/2013	7MG2023117A0	2.750	42%	2,5	3,54	19,76 €
27/09/2013	7M01023552A0	5.135	32%	4,53	5,99	27,74 €
27/09/2013	7MG2023117A0	4.900	31%	4,8	6,31	28,69 €
27/09/2013	7MG2023117A0	4.550	47%	4	5,86	35,34 €
27/09/2013	7MG2023117A0	3.750	14%	4,25	4,83	11,02 €
30/09/2013	7B3G20512AA0	4.848	42%	4,6	6,55	37,05 €
30/09/2013	7N40030321A0	4.500	50%	5	7,5	47,50 €
30/09/2013	7B3G20512AA0	4.624	45%	4,3	6,25	37,05 €
30/09/2013	7M01023652A0	1.149	34%	1	1,34	6,46 €
30/09/2013	7N40030321A0	2.850	18%	4,03	4,75	13,68 €
30/09/2013	7M01023652A0	3.035	27%	2,78	3,54	14,44 €
30/09/2013	7B3G20512AA0	2.236	42%	2,13	3,02	16,91 €
						1.607,97 €

## Tabla Enero 2014 => Ahorro 2841.83 € total

\*Dos células trabajando (SILVER 4 & SILVER 5)\*

Día	Material	Cantidad	% Mejora	Horas Reales	Horas Estándar	Ahorro
07/01/2014	7N40030321A0	350	100%	0,25	0,5	4,75 €
07/01/2014	7B3G20512AA0	3.328	64%	2,75	4,5	33,25 €
07/01/2014	7N40030321A0	3.300	71%	2,75	4,71	37,24 €
07/01/2014	7N40030321A0	3.910	40%	4	5,58	30,02 €
07/01/2014	7B3G20512AA0	3.780	46%	3,5	5,11	30,59 €
08/01/2014	7B3G20512AA0	4.127	40%	4	5,58	30,02 €
08/01/2014	7N40030321A0	3.708	33%	4	5,3	24,70 €
08/01/2014	7N40030321A0	1.944	76%	1,58	2,78	22,80 €
08/01/2014	7B3G20512AA0	2.120	72%	1,67	2,87	22,80 €
08/01/2014	7B3G20512AA0	5.615	102%	3,75	7,59	72,96 €
08/01/2014	7N40030321A0	3.942	61%	3,5	5,63	40,47 €
09/01/2014	7M01023652A0	4.050	26%	3,75	4,73	18,62 €
09/01/2014	7M01023652A0	5.181	61%	3,75	6,04	43,51 €
09/01/2014	7M01023652A0	5.619	75%	3,75	6,56	53,39 €
10/01/2014	7M01023652A0	3.405	59%	2,5	3,97	27,93 €
10/01/2014	7NF6072101A0	5.338	58%	3,75	5,93	41,42 €
10/01/2014	7M01023552A0	5.965	86%	3,75	6,96	60,99 €
10/01/2014	7NF6072101A0	1.836	36%	1,5	2,04	10,26 €
10/01/2014	7M01023552A0	5.591	74%	3,75	6,52	52,63 €
11/01/2014	7MG2023117A0	2.512	44%	2,25	3,24	18,81 €
11/01/2014	7M01023552A0	487	73%	0,33	0,57	4,56 €
11/01/2014	7MG2023117A0	4.770	72%	3,58	6,15	48,83 €
12/01/2014	7MG2023117A0	3.370	9%	4	4,34	6,46 €
13/01/2014	7M01023552A0	5.411	58%	4	6,31	43,89 €
13/01/2014	7MG2023117A0	2.244	83%	1,58	2,89	24,89 €
13/01/2014	7M01023552A0	1.691	39%	1,42	1,97	10,45 €
13/01/2014	7M01023552A0	6.324	97%	3,75	7,38	68,97 €
14/01/2014	7N40030321A0	3.534	26%	4	5,05	19,95 €
14/01/2014	7N40030321A0	4.140	77%	3,33	5,91	49,02 €
14/01/2014	7M01023552A0	1.945	82%	1,25	2,27	19,38 €
14/01/2014	7N40030321A0	3.934	57%	3,58	5,62	38,76 €
15/01/2014	7M01023552A0	5.440	59%	4	6,35	44,65 €
15/01/2014	7M01023552A0	2.750	83%	1,75	3,21	27,74 €
15/01/2014	7N40030321A0	4.385	79%	3,5	6,26	52,44 €
16/01/2014	7M01023552A0	5.395	57%	4	6,29	43,51 €
16/01/2014	7M01023552A0	4.010	87%	2,5	4,68	41,42 €
16/01/2014	7M01023552A0	5.505	71%	3,75	6,42	50,73 €
17/01/2014	7M01023652A0	4.890	67%	3,42	5,71	43,51 €
17/01/2014	7M01023552A0	968	95%	0,58	1,13	10,45 €

17/01/2014	7M01023652A0	2.062	141%	1	2,41	26,79 €
17/01/2014	7M01023552A0	5.225	88%	3,25	6,1	54,15 €
18/01/2014	7M01023652A0	5.830	81%	3,75	6,8	57,95 €
19/01/2014	7M01023652A0	4.254	92%	2,58	4,96	45,22 €
19/01/2014	7M01023652A0	5.426	72%	3,67	6,33	50,54 €
20/01/2014	7N40030321A0	3.686	47%	3,58	5,26	31,92 €
20/01/2014	7M01023652A0	850	71%	0,58	0,99	7,79 €
20/01/2014	7N40030321A0	2.314	121%	1,5	3,31	34,39 €
20/01/2014	7M01023652A0	4.950	98%	2,92	5,78	54,34 €
21/01/2014	7B3G20512AA0	3.777	43%	3,58	5,11	29,07 €
21/01/2014	7N40030321A0	3.449	52%	3,25	4,93	31,92 €
21/01/2014	7N40030321A0	1.011	57%	0,92	1,44	9,88 €
21/01/2014	7B3G20512AA0	1.571	130%	0,92	2,12	22,80 €
21/01/2014	7B3G20512AA0	4.572	81%	3,42	6,18	52,44 €
21/01/2014	7N40030321A0	3.850	54%	3,58	5,5	36,48 €
22/01/2014	7B3G20512AA0	4.282	45%	4	5,79	34,01 €
22/01/2014	7N40030321A0	3.085	10%	4	4,41	7,79 €
22/01/2014	7B3G20512AA0	4.930	90%	3,5	6,66	60,04 €
22/01/2014	7N40030321A0	1.042	80%	0,83	1,49	12,54 €
22/01/2014	7N40030321A0	3.895	55%	3,58	5,56	37,62 €
22/01/2014	7B3G20512AA0	5.098	84%	3,75	6,89	59,66 €
24/01/2014	7MG2023117A0	4.185	35%	4	5,39	26,41 €
24/01/2014	7B3G20512AA0	2.910	31%	3	3,93	17,67 €
24/01/2014	7MG2023117A0	4.780	76%	3,5	6,16	50,54 €
24/01/2014	7B3G20512AA0	5.010	93%	3,5	6,77	62,13 €
25/01/2014	7B3G20512AA0	5.562	101%	3,75	7,52	71,63 €
25/01/2014	7MG2023117A0	4.021	85%	2,8	5,18	45,22 €
25/01/2014	7MG2023117A0	4.379	61%	3,5	5,64	40,66 €
25/01/2014	7B3G20512AA0	4.312	67%	3,5	5,83	44,27 €
26/01/2014	7NF6072101A0	4.060	26%	3,58	4,51	17,67 €
26/01/2014	7MG2023117A0	1.838	90%	1,25	2,37	21,28 €
27/01/2014	7M01023452A0	3.675	72%	2,5	4,29	34,01 €
28/01/2014	7N40030321A0	2.600	24%	3	3,71	13,49 €
28/01/2014	7M01023652A0	3.511	49%	2,75	4,1	25,65 €
28/01/2014	7N40030321A0	4.445	77%	3,58	6,35	52,63 €
29/01/2014	7N40030321A0	1.405	61%	1,25	2,01	14,44 €
29/01/2014	7N40030321A0	3.825	53%	3,58	5,46	35,72 €
30/01/2014	7N40030321A0	3.348	37%	3,5	4,78	24,32 €
30/01/2014	7N40030321A0	777	66%	0,67	1,11	8,36 €
31/01/2014	7B3G20512AA0	5.210	101%	3,5	7,04	67,26 €
31/01/2014	7B3G20512AA0	5.760	108%	3,75	7,79	76,76 €
31/01/2014	7M01023552A0	625	121%	0,33	0,73	7,60 €
						2.841,83 €

En las tablas anteriores se ha eliminado la columna de rechazo, que indica la cantidad de piezas que no identifica el sistema de visión y que van a parar a un embalaje particular. Se ha decidido eliminar esta columna ya que representa un porcentaje muy bajo (entorno al 0.001%) respecto a la cantidad de piezas que si son cargadas.

## 8.2. Mejoras alcanzadas en calidad

Las mejoras alcanzadas en calidad son exactamente las esperadas y comentadas en el apartado “Motivos del proyecto”. Los incidentes con cliente por piezas no pintadas, aunque no muy frecuentes, si son de gravedad considerable, especialmente si la pieza en cuestión se vulcaniza y se envía al cliente final. Si cualquier fabricante de automoción se encuentra con despegues en alguna de las piezas, a parte del cargo por el incidente, se añade el rechazo del lote completo al que pertenece dicha pieza e incluso posibles paradas de línea. En definitiva un cargo económico importante. A continuación se adjunta la fotografía de un inserto pintado por su parte exterior y un casquillo pintado por su parte interior, posteriormente vulcanizados, donde se aprecia el despegue del compuesto de caucho.



Como ya he comentado estos casos no ocurrían con demasiada frecuencia, y cuando ocurrían afortunadamente el departamento de calidad de TBVC Cascante, el de TBVC Burgos o el de TBVC Martorell encontraban el defecto a tiempo. **Aún así si la pieza salía desde Trelleborg Cascante sin pintar se habría un incidente interno y por consiguiente era necesario inspeccionar el lote entero de producción de la referencia en cuestión.**



Con la implantación de la célula no se ha detectado ningún incidente de este tipo. La garra de carga de MOTOMAN nunca está en disposición de descargar una pieza en la rampa de producto terminado, por lo que es imposible que en producción en serie, una pieza que no haya pasado por el ciclo de pintado sea descargada en el contenedor de producto terminado.

A continuación podemos ver una caja de piezas pintadas en las que se detectan cuatro insertos sin pintar. Esto ocurrió por despiste del operario, al introducir piezas que estaban pendientes de pintar en la caja de producto acabado.



En la siguiente tabla se indica el ahorro aproximado por incidentes de este tipo. Cogemos como precio medio 0.03 €/pieza por inspección y como lote medio de producción 8000 piezas. Actualmente las 14 referencias recogidas en la tabla del apartado de diseño están ya operativas y podemos suponer una media de 3 piezas sin pintar por referencia al año. Con estos datos interpretamos la siguiente tabla:

Cargo aprox. por pieza sin pintar	Nº de incidentes anual	Importe anual ahorrado
240 €	42	10080 €

### 8.3. Mejoras alcanzadas en competitividad

Actualmente Trelleborg Cascante trabaja con el sistema informático SAP, integrado en la mayor parte de las plantas de la compañía TBVC. El precio de venta de cada referencia lo calcula automáticamente el sistema usando como una de las variables el tiempo necesario de operario por referencia. Como se ha visto en las tablas anteriores el tiempo real que el operario necesita para pintar una cierta cantidad de piezas, se ha visto reducido con la implantación de la célula. Sin embargo, los tiempos de operario reflejados en el sistema, de las referencias pintadas con Robot, siguen siendo los usados cuando se pintaba sin Robot, hasta que se amortice la inversión. En la siguiente tabla se indica la previsión anual de amortización utilizando como ahorro medio el mes de Enero 2014:

Ahorro mensual aproximado	Presupuesto célula	Años de amortización
2.800 €	52.927 €	1,58

Podemos prever que en algo más de año y medio una de las células estará amortizada. Una vez amortizada la inversión Trelleborg Cascante podrá ofertar a cliente mejor precio/pieza de las referencias ya en serie, y lo que es más importante será más competitivo frente a otros proveedores de encolado a los que TBVC también subcontrata.

En definitiva la implantación de la célula robotizada ayuda a Trelleborg Cascante a acceder a nuevos proyectos de automoción y a seguir creciendo como proveedor interno de TBVC.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Manual de funcionamiento y mantenimiento MH5: TIPO: YR-MH0005-B00 (ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR)
- MANDO DX100 : INSTALACIÓN Y CONEXIÓN
- COGNEX: IN SIGHT® SERIE 500 SISTEMA DE VISIÓN: MANUAL DE INSTALACIÓN
- PINZA NEUMÁTICA DE APERTURA PARALELA: SERIE MHZ2
- MANUAL DE INSTRUCCIONES DX100: TABLA DE INSTRUCCIONES BÁSICAS: PROGRAMACION Y REPRODUCCIÓN SIMPLIFICADAS: LISTADO DE ALARMAS DX100
- CÉLULA ROBOTIZADA MOTOMOAN MH5-SILVER5: MANUAL DE INSTRUCCIONES Y MANTENIMIENTO